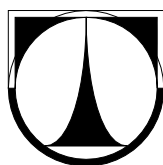


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Liberec 2011

Martin Nosek

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Studijní program: N2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 3906T001 – Mechatronika

Univerzální elektronická zabezpečovací ústředna

Universal electronic security alarm system

Diplomová práce

Autor:	Martin Nosek
Vedoucí práce:	Ing. Tomáš Martinec, Ph.D.
Konzultant:	Ing. Přemysl Svoboda

V Liberci 1. 3. 2011

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom(a) toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

Poděkování

Chtěl bych poděkovat Ing. Tomáši Martincovi, Ph.D., který mi vytvořil výborné podmínky pro realizaci mé diplomové práce a především za jeho odborné znalosti při konzultacích a cenné rady k úspěšnému dokončení závěrečné zprávy i celého studia.

Dále děkuji rodině za pomoc při přepisu do elektronické podoby a za jazykovou kontrolu textu. V neposlední řadě také za jejich všeobecnou podporu mého vysokoškolského studia.

Univerzální elektronická zabezpečovací ústředna

Abstrakt

Diplomová práce se zabývala realizací univerzální elektronické zabezpečovací ústředny. Ta byla navržena především pro zabezpečení automobilů a vnitřních prostor. Na základě získaných informací o moderních zabezpečovacích prvcích jako jsou telekomunikační technologie a globální poziční systém (GPS) bylo realizováno kompaktní zabezpečovací zařízení, které je schopné lokalizovat svou pozici.

Uživateli je poskytnuto komfortní ovládání a komunikace s celým zařízením. K tomu posloužil bezdrátový přijímač v kombinaci s globální mobilní sítí (GSM). Komunikace přes GSM síť je zprostředkována GSM/GPS modulem. Ten je ovládán AT (attention) příkazy, které se z procesoru vysílají po sériové lince. Detekci neoprávněného vstupu a manipulace zajišťuje integrovaný akcelerometr a případně další kompatibilní připojitelné drátové i bezdrátové senzory. Dále se změřily odezvy senzoru zrychlení na různé vzruchové podněty, aby bylo možné následně navrhnout spolehlivý vyhodnocovací algoritmus pro detekci otřesu a náklonu. Provedl se také experimentální test dvou různých tlakových senzorů pro zjištění, zda je jejich citlivost dostatečná ke spolehlivé detekci podtlaku, který nastává při otevírání dveří. Vyhodnocení poplachu bylo vyřešeno připojitelnou sirénou a upozorněním ve formě krátké textové zprávy. V případě pokusu o sabotáž způsobenou přerušením zdroje napájení, má zařízení integrovaný záložní napájecí zdroj.

Systém je univerzální s možností použití bateriového napájení. Byl tedy kladen důraz na nízkou spotřebu a na výběr detekčních prvků s minimální nutnou montáží, to přispělo k lepší přenositelnosti celého zařízení. Hlavní řídicí program byl psán v jazyku ANSI C (American national standards institute) s použitým kompilátorem SDCC (Small device C compiler).

Klíčová slova: GSM/GPS modul, senzory, bezdrátové prvky, jazyk ANSI C.

Universal electronic security alarm system

Abstract

Diploma thesis was dealt with realization of a universal electronic security alarm system. It was designed especially for car security and internal space. On the basis of information on modern security features such as telecommunications technology and global positioning system (GPS) was realized compact security device that is able to locate own position.

User is provided with comfortable control and communication with whole device. For this purpose serves a wireless receiver in combination with the Global System for Mobile (GSM). Communication with the GSM network is mediated by the GSM / GPS module. It is controlled by AT (attention) commands which are transmitted from the processor by a serial line. Detection of unauthorized access and manipulation is provided by an integrated accelerometer and possibly other compatible wired and wireless sensors. Next the responses of the acceleration sensor to various impulses were measured and after that a reliable evaluating algorithm for detection of shock and tilt was created. Also an experimental test of two different pressure sensors was performed to determine if their sensitivity is sufficient for reliable detection of under pressure, which occurs when opening the door. The evaluation of alarm was resolved by attachable siren and warning in the form of short text messages. In case of an attempt to sabotage caused by interruption of power supply, the device has an integrated backup power source.

System is universal with possibility of using battery power. For that reason emphasis was placed on the low power and selection of components with minimal necessary installation, which improve portability of the device. The main control program was written in ANSI C (American national standards institute) programming language and compiler was used SDCC (Small device C compiler).

Keywords: GSM / GPS module, sensors, wireless components, ANSI C language.

Obsah

Úvod	13
1 Mobilní síť GSM.....	15
1.1 Historie systému GSM	15
1.2 Architektura GSM sítě	15
1.3 Rádiové rozhraní systému GSM	17
1.4 SIM Karta.....	18
2 Globální poziční systém – GPS.....	18
2.1 Princip funkce	19
2.2 Struktura GPS systému	19
2.3 Zdroje chyb v GPS	21
3 Hardware ústředny.....	24
3.1 Řídící jednotka – mikroprocesor	24
3.2 GSM-GPS modul	26
3.3 Akcelerometr.....	28
3.4 Tlakový senzor	31
3.5 Bezdrátový přijímač	32
3.6 Napájení	33
4 Softwarová část.....	38
4.1 AT příkazy	38
4.2 Vývoj řídicího programu.....	42
4.3 Měření odezvy akcelerometru.....	44
4.4 Měření odezvy senzorů tlaku	48
5 Manuál k zabezpečovací ústředně.....	49
5.1 Montáž	50
5.2 Nastavení.....	50
5.3 Ovládání a funkce	52

5.4	Možnosti použití	54
5.5	Technické parametry ústředny	55
Závěr		56
	Seznam použité literatury	57
	Příloha A – Schéma zapojení a návrh desky	I

Seznam obrázků

<i>Obr. 1.1 Architektura GSM sítě</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 2.1 Špatné uspořádání satelitů</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 2.2 Dobré uspořádání satelitů.....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 2.3 Rušení způsobené odrazem signálu.....</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 3.1 Blokové schéma procesoru Silabs C8051F930</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 3.2 Zjednodušený blokový diagram akcelerometru MMA7361L</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 3.3 Princip MEMS akcelerometru.....</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 3.4 Princip mechanického uspořádání tlakových senzorů</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 3.5 Schéma napájecího obvodu</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 3.6 Schéma navrženého obvodu pro záložní zdroj</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 3.7 Příklad zapojení obvodu napájeného z USB portu</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 3.8 Kombinace kapacitního a lineárního zdroje</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 4.1 Panel měřícího programu vytvořený v Control Web</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 4.2 Průběh odezvy na náklon</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 4.3 Průběh odezvy na houpání s vozidlem</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 4.4 Průběh odezvy při otřesech</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 5.1 Panel pro zapojení ústředny.....</i>	<i>50</i>
<i>Obr. A. 1 Schéma zapojení</i>	<i>I</i>
<i>Obr. A. 2 Schéma desky ze strany TOP</i>	<i>II</i>
<i>Obr. A. 3 Schéma desky ze strany BOTTOM.....</i>	<i>III</i>

Seznam tabulek

<i>Tabulka 2.1 Vliv chyb</i>	<i>21</i>
<i>Tabulka 3.1 Zapojení a použití pinů mikroprocesoru</i>	<i>26</i>
<i>Tabulka 3.2 Zapojení a použití pinů modulu</i>	<i>27</i>
<i>Tabulka 3.3 Zapojení a použití pinů akcelerometru</i>	<i>30</i>
<i>Tabulka 3.4 Použité zapojení pinů přijímače RX-4MHSC</i>	<i>33</i>
<i>Tabulka 4.1 Základní odpovědi modulu na AT příkazy</i>	<i>39</i>
<i>Tabulka 4.2 Použité AT příkazy</i>	<i>40</i>
<i>Tabulka 5.1 Uložení poplašných zpráv na SIM kartu podle pozice v paměti</i>	<i>51</i>

Seznam zkratek

A/D	Analog/Digital
ANSI	American national standards institute
AT	Attention
AuC	Autentization centrum
BSC	Base station controler
BSS	Base station system
BTS	Base transceiver station
BPIN	Bank PIN
BPUK	Bank PIN unlock key
CAN	Controller area network
EEPROM	Electrically erasable programmable read-only memory
EIR	Equipment identity register
ESR	Equipment series rezistant
EZS	Elektronický zabezpečovací systém
GPS	Global position system
GPRS	General packet radio service
GSM	Global systém for mobile communication (dříve Groupe special mobile)
HLR	Home location register
HSC	Harmonized system codes
I/O	Input/Output
IDE	Integrated development environment
IMEI	Internacional mobile Equipment identity
IMSI	International mobile subscriber identity
ISDN	Integrated services digital network
LDO	Linear drop out
LPIN	Localization PIN
MCU	Machine kontrol unit
MEMS	Micro-electro-mechanic system
MS	Mobile station
MSC	Mobile switching center
NMEA	National marine electronics association

NSS	Network switching subsystem
PIN	Personal identification number
PIR	Passive infrared
PUK	PIN unlock key
RAM	Read-access memory
ROM	Read-only memory
SDCC	Small device C compiler
SIM	Subscriber information module
UART	Universal asynchronous receiver/transmitter
VLR	Visitor location register
WDT	Watch dog timer

Úvod

Zabezpečovací zařízení je dnes velmi rozšířenou a nutnou součástí našich životů. Denně se s určitou formou zabezpečení setkává většina z nás. Přemýšleli jste již někdy nad tím, kde všude jsme tiše pozorováni a hlídáni kamerami, detektory pohybu, kouře či akustickými senzory? Jak často se musíme dnešních systémů dovolit, abychom mohli projít do práce, odletět na dovolenou nebo se prostě dostat domů? Většinu z nás to jen zdržuje a omezuje, ale nestěžujeme si, bereme to jako samozřejmost a dobře víme proč. Jsou lidé, kteří si těchto věcí všímají a na základě toho se rozhodují proč nevyužít absence zabezpečení pro svůj osobní prospěch. Tím, jak roste počet zabezpečených objektů, logicky vzrůstá pravděpodobnost, že si zloději vyberou ten Váš nehlídaný majetek. Někdo může říci, že má zabezpečení ve formě zamčených dveří za vysokým plotem. A má pravdu! Je to forma mechanických zábranných systémů, ale protože je dnes všeobecně rozšířenou samozřejmostí, kterou mají téměř všichni, má jen účel zpoždění a již žádného zloděje neodradí. Vždy je lepší z hlediska ochrany majetku mít něco víc než je běžný standart, protože nejlepší zabezpečení je to, které zloděje odradí. Jak už bylo naznačeno, je celé spektrum různých druhů zabezpečení, každé slouží různým účelům a dle [16] je můžeme dělit do těchto základních skupin.

Základní druhy zabezpečení:

- Mechanické zábranné systémy (Klasická ochrana)
- ***Elektronické zabezpečovací systémy (Technická ochrana)***
- Kamerové systémy (Fyzická ochrana)
- Přístupové systémy (Režimová ochrana)

Práce se týká návrhu a realizace elektronické zabezpečovací ústředny, ta patří do skupiny elektronických zabezpečovacích systémů (EVS). Měla by být kompatibilní s vybranými detektory, které poskytnou tyto prvky ochrany.

Prvky EVS, které ústředna podporuje:

- prvky plášťové ochrany
- prvky prostorové ochrany
- prvky předmětové ochrany
- přenosová zařízení

Diplomovou práci navazuje na práci bakalářskou. Předchozí prototyp byl schopný na prozvonění odesílat informace o poloze a jediným detekčním senzorem byl akcelerometr s jednoduchým algoritmem vyhodnocení poplachu. Režim střežení a klidu se přepínal manuálně přímo na ústředně a celé zařízení nebylo uživatelsky příjemné. Přínosem však bylo získání potřebného přehledu o této problematice, proto bude nyní možné provést rozsáhlejší úpravy a vylepšení tak, aby se výsledný přípravek co nejvíce přiblížil možnosti využití v praxi.

Součástky jako procesor a GSM/GSP modul se osvědčily již v bakalářské práci a proto budou s menšími úpravami v zapojení použity i nyní. Naopak akcelerometr se použije citlivější, aby bylo možné lépe vyhodnotit náklon a otřes. V rámci rozšíření bakalářské práce se dále použije tlakový senzor, bezdrátový přijímač, nově bude zařízení také obsahovat záložní napájecí zdroj a vstupy pro připojení drátových senzorů s logickým výstupem Low, High. Jedná se zejména o magnetické senzory, ultrazvukové čidlo, PIR (Passive infrared) detektor pohybu. Zahrnutí detekce změny tlaku bude pouze experimentální, neboť není jisté, zda bude citlivost senzoru dostatečně vysoká pro spolehlivé vyhodnocení změny tlaku při otevření dveří.

Nejvýznamnější vylepšení budou provedena v softwarové části diplomové práce. Oproti předchozímu prototypu bude kladen důraz zejména na pohodlné ovládání, k tomu poslouží bezdrátový přijímač a GSM mobilní síť. V případě střežení automobilu půjde o bateriovou aplikaci, bude tedy nutné co nejvíce snížit energetické požadavky ústředny. Cílem je dosáhnout spotřeby jakou mají ostatní srovnatelné zabezpečovací zařízení. To znamená snížení z dosavadních 130 mA aspoň na 30 mA. Toho se dosáhne maximálním využitím úsporných režimů a výběrem součástek s nízkým příkonem.

1 Mobilní síť GSM

Tato kapitola stručně pojednává o historii, principu funkce a technických parametrech GSM. Informace byly čerpány ze zdrojů [2], [8] a [10]. Dále by měl čtenář pochopit základní funkci SIM karty a způsob ověřování uživatele.

1.1 Historie systému GSM

V 80. letech začal rychlý nárůst analogových celulárních systémů v Evropě. Země jako Velká Británie, Francie nebo Německo měly svůj vlastní vyvinutý systém, problém byl v tom, že tyto systémy byly mezi sebou navzájem nekompatibilní. To skýtalo omezení při volání v zahraničí a problém byl také v omezeném trhu pro jednotlivé typy zařízení. Z ekonomických důvodů se proto v roce 1982 vytvořila standardizační skupina GSM (Groupe special mobile), která začala vytvářet normy pro mobilní systém, který by byl použitelný nejen v celé Evropě, ale i ve světě.

Kritéria, která musel splňovat navrhovaný systém:

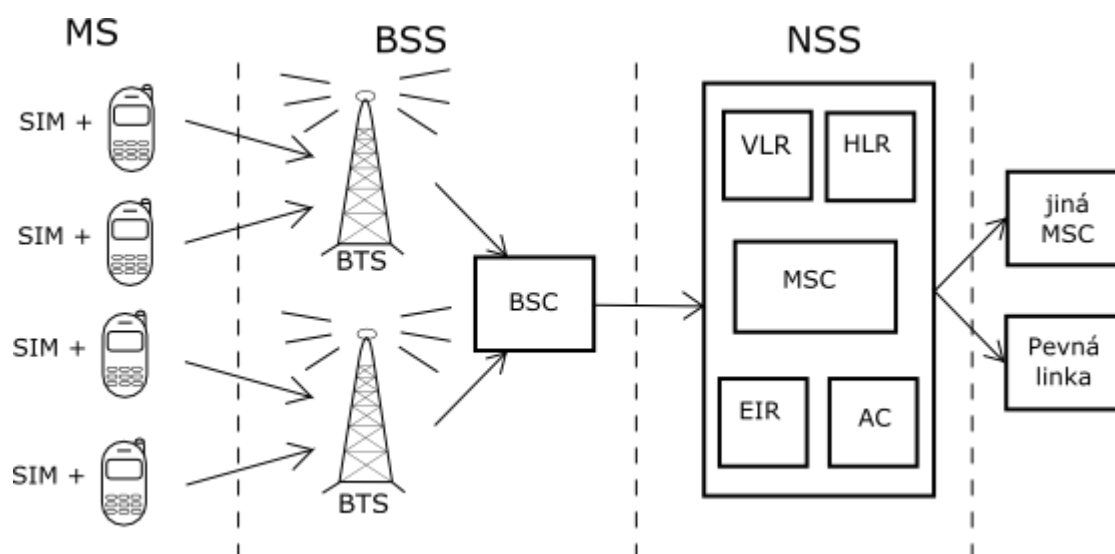
- Perfektní subjektivní kvalita přenášené řeči
- Nízká cena vybavení a služeb
- Podpora mezinárodního roamingu
- Frekvenční hospodárnost
- ISDN (Integrated services digital network) slučitelnost
- Efektivitu v budoucnosti

Od roku 1991, kdy byla spuštěna první GSM síť, začalo rychlé rozšíření přes Evropu do Afriky, Asie i Austrálie. V USA se tento standart používá také, ale na odlišných frekvencích. V České republice byl prvně spuštěn v roce 1996 společností Eurotel.

1.2 Architektura GSM sítě

Jak je vidět na *Obr. 1.1*, GSM síť se skládá ze tří základních částí:

- Mobilní stanice (MS) a základnová stanice (BTS)
- Subsystem základnových stanic (BSS)
- Síťový a spínací podsystém (NSS)



Obr. 1.1 Architektura GSM sítě

Mobilní stanice (MS)

Skládá se ze SIM (Subscriber information module) a mobilního přístroje. SIM karta slouží k identifikaci uživatele a na základě povolení se poté připojí do sítě. Mobilní telefon slouží k obsluze a nastavení parametrů hovorů. Je identifikován číslem IMEI (International Mobile Equipment Identity), které slouží jako nástroj k zablokování kradených telefonů.

Subsystem základnových stanic (BSS)

BSS dynamicky přiděluje kanály během komunikace a předává hovory mezi jednotlivými buňkami v případě, že se pohybujete. To zprostředkovávají BTS, které definují buňky a jsou zodpovědné za radiové spojení s mobilní stanicí a řídicí jednotkou (BSC), která spravuje radiové kanály z několika BTS. Jednotka BSC je prostředníkem spojení mezi mobilní stanicí a mobilní spínací stanicí.

Síťový podsystem (NSS)

Provádí spojení mezi jednotlivými účastníky a účastníky jiných telekomunikačních sítí. To umožňují tyto jednotlivé části NSS.

- Mobilní spínací ústředna (MSC – Mobile Switching Center) – ústředním prvkem síťového podsystemu je mobilní spínací ústředna. Ta poskytuje všechny funkce potřebné k obsluze mobilní stanice. Do nich patří registrace a ověření uživatele, informace o poloze, předávání dat, směrování hovorů z roamingu a spojení s pevnou sítí jako je ISDN.
- Domovský lokační registr (HLR – Home Location Register) – obsahuje veškeré administrativní údaje o uživateli v příslušné GSM síti. Například informace o stavu konta. Každé GSM síti je přiřazena jedna HLR síť.
- Návštěvnický lokační registr (VLR – Visitor Location Register) – informace uživatelů, kteří nejsou kryti jejich domovskou sítí, se dočasně ukládají do návštěvnického lokačního registru.
- Registr mobilních stanic (EIR – Equipment Identity Register) – databáze, která obsahuje seznam všech platných mobilních zařízení na síti, kde je každá mobilní stanice identifikována číslem IMEI.
- Autentifikační centrum (AuC – Authentication Center) – je chráněná databáze, která ukládá kopii tajného klíče, uloženého v každé SIM kartě. Na základě porovnání těchto klíčů umožňuje přihlášení do sítě.

1.3 Rádiové rozhraní systému GSM

Mobilní telefony v GSM síti pracují ve frekvenčních pásmech 900 MHz, 1800 MHz a 850 MHz, 1900 MHz, do sítě připojují přes buňky BTS, které mohou mít 4 různé velikosti. Největší se nazývají *makrobuňky*, pokrývají velký prostor, protože jejich antény převyšují budovy v okolí. Z důvodu spolehlivosti se jejich dosah omezuje na maximální vzdálenost 35km. Menší se nazývají *mikrobuňky*, používají se v místech s potenciálně vyšší koncentrací hovorů, antény již nepřevyšují budovy. *Pikobuňky* mají dosah už jen v řádech desítek metrů, přesto že se GSM signál šíří skrz zdi, jejich účel použití je především uvnitř budov nebo ve stanicích metra. Pro vyplnění nepokrytých míst mezi jednotlivými většími buňkami se instalují *deštníkové* antény.

1.4 SIM Karta

Dle [9] se jedná o kartu, která na základě čísla IMSI (International mobile subscriber identity) identifikuje každého uživatele v síti na celém světě. Dále obsahuje procesor, paměť ROM, RAM, EEPROM a I/O obvody. Pokud karta neslouží pro ověřování uživatele jako v případě této práce, je vhodné zrušit žádost o PIN (Personal identification number) a tím zabránit případnému zablokování.

Kódy pro ověření uživatele:

- PIN1 – pro přístup k běžným funkcím stanice
- PIN2 – chrání vybrané speciální aplikace
- PUK1 – určen pro případ zablokování od PIN1
- PUK2 – určen pro případ zablokování od PIN2
- BPIN – pro GSM bankovníctví
- BPUK – pro GSM bankovníctví v případě zapomenutí BPIN
- LPIN – slouží k lokalizaci SIM

Komunikace s kartou probíhá obousměrně po jednom vodiči sériovým přenosem. Obslužné zařízení nejdříve ověří, zda je karta vložena a poté žádá o PIN, pokud je potřeba. V opačném případě začne telefon zjišťovat informace o síti a identifikačním čísle. Současně probíhá čtení kontaktů, SMS a nastavení telefonu. Zařízení je poté připojeno!

V zapojení SIM karty je lepší použít kontakt pro detekci její přítomnosti, vyhneme se tím riziku poškození při manipulaci pod napětím.

2 Globální poziční systém – GPS

Oficiální název je NAVSTAR GPS neboli globální poziční systém a slouží k určení aktuální polohy, času a rychlosti kdekoli na Zemi. Dle [5] a [8] původně vznikl pro vojenské účely v USA, postupem času bylo jeho použití umožněno i pro civilní účely na celém světě. Do roku 2000 byla z bezpečnostních důvodů záměrně snížena přesnost, ovšem po tomto datu se můžeme spolehnout na určení polohy s chybou do 10 metrů. Provozovatelem jsou vzdušné síly USA a řízení spadá pod vládu USA.

2.1 Princip funkce

Každá družice vysílá informace o přesném času, své poloze a přibližné poloze ostatních satelitů. Poloha na zemi se pak určuje na základě známé polohy satelitů, čím více známých bodů, tím větší přesnost. Radiové vlny vysílané družicemi jsou přijímané uživatelským GPS přijímačem, ve kterém je počítáno zpoždění. Jelikož známe rychlost šíření vln a přesné zpoždění signálu je pak teoreticky jednoduché spočítat aktuální polohu. V praxi je ovšem potřeba zahrnout mnoho dalších parametrů do výpočtu, například rotaci Země, aby se dosáhlo požadované přesnosti. Chyba ve výpočtu zpoždění v řádu tisícín sekundy znamená chybu v určení polohy v řádu stovek kilometrů.

Každá družice vysílá spojitě navigační zprávy obsahující údaje o čase, týdenním čísle a případná poruchová hlášení. Dále informace o predikované poloze satelitu (efemeridy) a údaje o pohybu všech družic systému (almanach). Z těchto dat se pak již dají určit všechny funkce dostupné v GPS. Pro výpočet 2D polohy je potřeba signál z nejméně 3 satelitů. Pokud chceme mít přibližný údaj i o nadmořské výšce (3D poloha), musí být k dispozici ještě jeden vysílač navíc.

2.2 Struktura GPS systému

Systém lze rozdělit do 3 podsystémů:

- Vesmírná část
- Řídící část
- Uživatelská část

Vesmírná část

Zahrnuje již zmíněné vesmírné satelity, k určení polohy se jich používá 24 z celkového počtu 32, zbylé družice slouží jako náhradní. Na oběžné dráze jsou rozmístěny tak, aby jich bylo v každém okamžiku vidět z každého místa co největší počet, minimálně 6, v ideálním případě maximálně 12. Ve výšce 20200 km oběhnou Zemi téměř 2x za den. Každá družice obsahuje přijímač, vysílač, atomové hodiny s přesností miliardtin sekundy a dále ještě prvky, které nesouvisí s určováním polohy. Jedná se například o senzory pro detekci jaderného výbuchu nebo startu balistických střel. Přijímač slouží pro příjem signálů týkajících se ovládání a nastavení družic z řídicího střediska na Zemi. Na základě těchto dat je pak možné korigovat například dráhu letu. Vysílač je určen pro zpětnou komunikaci s řídicím centrem, ale především k vysílání dat uživatelům. Napájení zajišťují solární panely. Každý druh vysílaných informací se šíří na různých frekvencích, data pro vojenské účely jsou navíc šifrovaná. Všechny nosné frekvence jsou voleny tak, aby byly minimálně závislé na počasí.

Řídící část

Má za úkol monitorovat a řídit běh družic, děje se tak pomocí 18 monitorovacích pozemních stanic rozmístěných po celém světě, hlavní řídicí stanice má sídlo v Colorado Springs. Při úpravě dráhy letu musí být družice vždy odpojena, protože se natočí a na čas nebude ve správné poloze, tím by docházelo ke zkreslení dat.

Zajímavostí je autonavigační systém, který by se spustil při zničení pozemních řídicích center. Družice by se 6 měsíců synchronizovaly jen mezi sebou. Tento stav ovšem ještě nikdy nenastal a nebyl ani testován.

Uživatelská část

Poslední uživatelský podsystém už si může každý z nás koupit. Jde o klasické GPS přijímače, jak je známe v jednoúčelových navigacích nebo mobilních telefonech. Jsou složené z antény, předzesilovače, procesoru a přesných hodin. Dnes je samozřejmostí i kvalitní komunikační rozhraní s displejem. Důležitým parametrem přijímače je jeho schopnost monitorovat co nejvíc satelitů. Dnešní počet komunikačních kanálů se pohybuje v rozmezí 12 až 20. Pro komunikaci přijímače s počítačem nebo jiným zařízením slouží protokol NMEA0183 nebo méně používaný NMEA2000.

2.3 Zdroje chyb v GPS

Existuje mnoho faktorů ovlivňujících přesnost určení polohy, v této podkapitole budou uvedeny ty nejvýznamnější z nich. Každý známý faktor způsobující nepřesnost se dá částečně eliminovat tím, že se zohlední v algoritmu pro výpočet polohy. Vliv jednotlivých zdrojů chyb po kompenzaci demonstruje níže uvedená tabulka.

Tabulka 2.1 Vliv chyb

Chyba	Velikost způsobené odchylky
Ionosférická refrakce	$\pm 5,5$ m
Efemeridy	$\pm 2,5$ m
Šíření signálu více cestami	± 1 m
Hodinové nepřesnosti	± 2 m
Troposférická refrakce	$\pm 0,5$ m
Zaokrouhlovací chyby	± 1 m

Ionosférická a troposférická refrakce

Refrakce neboli lom je způsobený vlnými ionty a elektrony, které se vyskytují od zemského povrchu až do výšky 500 m, dále je již vakuum a chyba je zanedbatelná. Při šíření signálu skrz tuto vrstvu dochází k lomu mezi jednotlivými částicemi a tím se prodlužuje dráha a tedy i čas. Tato chyba je kompenzována přímo v přijímačích. Elektromagnetické vlny s nižší frekvencí jsou zpomaleny více než ty s vyšší frekvencí. Přijímač na základě rozdílného času přijatých signálů dopočítá přibližné zpoždění.

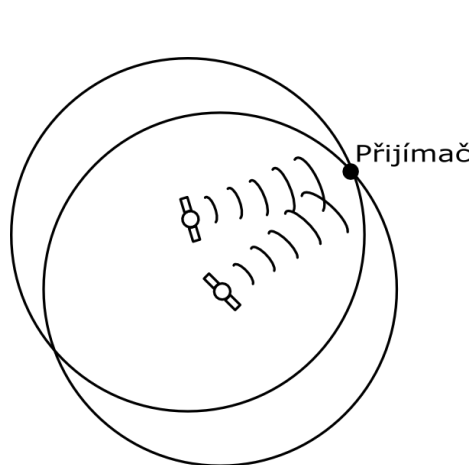
Vojenské přijímače dekódující i další signály z družic mohou díky analýze z více vln lépe kompenzovat tento zdroj chyby. V troposféře je chyba založená na stejném principu s tím rozdílem, že rychlost šíření ovlivňují meteorologické vlivy jako vlhkost, sluneční aktivita, tlak nebo teplota.

Efemeridy

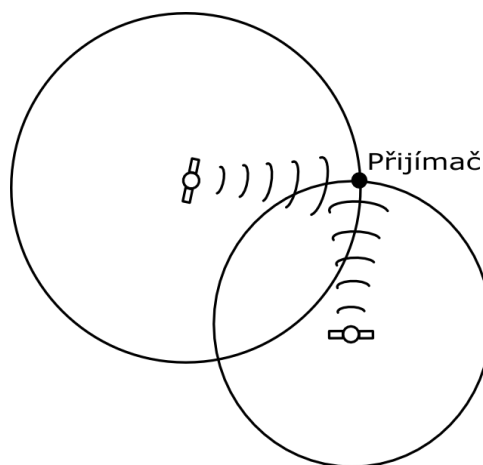
I když je dráha satelitů velmi přesná díky snadnému matematickému výpočtu, může docházet k jejich vychýlení vlivem kolísání gravitace Země, Slunce a Měsíce. Odchyłky dráhy jsou pravidelně kontrolovány a korekce posílány do přijímačů, proto je tento vliv poměrně malý.

Poloha družic

Dalším faktorem, který ovlivňuje přesnost určení pozice, je vzájemná poloha satelitů z pohledu přijímače (*Obr. 2.1* a *Obr. 2.2*). Pokud nejsou rovnoměrně rozmístěny po obloze, nejlépe do všech světových stran, úhly mezi satelity jsou pro přijímač malé a je zanesena velká nepřesnost do výpočtu. Díky tomu, že většina přijímačů zobrazuje i polohu satelitů, může uživatel zjistit z jaké strany je překážka ovlivňující viditelnost satelitů a případně změnit pozici.



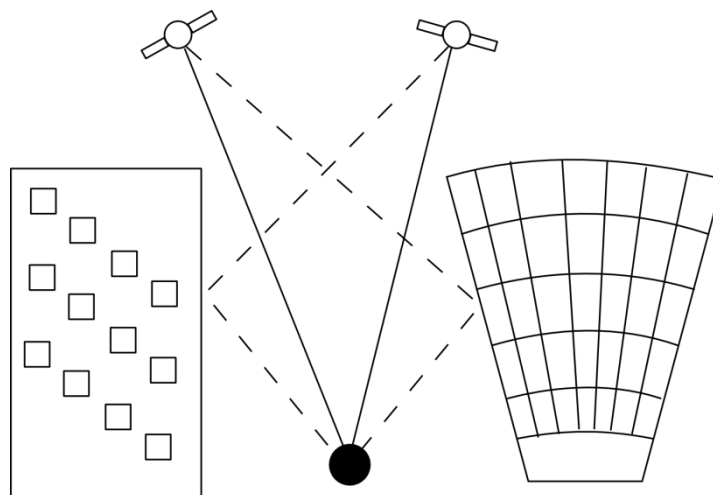
Obr. 2.1 Špatné uspořádání satelitů



Obr. 2.2 Dobré uspořádání satelitů

Šíření signálu více cestami

Je způsobeno odrazem satelitního signálu od přilehlých objektů (Obr. 2.3). Dráha odražených signálů se prodlužuje a tím se zpozdí i čas dopadu. Nejčastější je tento vliv v okolí vysokých budov.



Obr. 2.3 Rušení způsobené odrazem signálu

Hodinové nepřesnosti a zaokrouhlovací chyby

I přes synchronizaci hodin prováděnou mezi přijímačem a satelitem, stále existuje nepatrná časová odchylka, která způsobí nepřesnost do 2 m v určení polohy. Zaokrouhlovací a početní chyby vnášejí přibližně 1m nepřesnost.

Relativistický efekt

Tento efekt při určování polohy vzniká rozdílnou rychlostí pohybu družic vůči Zemi. Teorie relativity říká, že čas u rychle se pohybujících předmětů běží pomaleji. Vzhledem k tomu že družice obíhají Zemi rychlostí 12000 km/h, tak v řádech desítek nanosekund není tento vliv zanedbatelný. Denně tímto efektem vzniká chyba přibližně 7,2 mikrosekund. Čas běží rozdílně také v různě velkém gravitačním poli, což na Zemi a její oběžné dráze je. Vliv gravitačních polí je v tomto případě asi 6x větší než vliv rozdílných rychlostí. Ve výsledku tedy čas běží na Zemi pomaleji a to o 38 ms denně. Kompenzace se provádí zaokrouhlením frekvence krystalu v družicích při výpočtu polohy. Jev, který se pro svůj malý vliv a složitý výpočet již nezahrnuje je tzv. Sagnacův efekt. Je způsoben pohybem přijímače společně se Zemí. Největší vliv je tedy na rovníku, kde obvodová rychlost dosahuje 500 m/s.

3 Hardware ústředny

Tato kapitola pojednává o realizaci hardwarové části. Bude se zabývat problematikou napájení GSM/GPS modulu, stručně se popíše použité součástky a jejich implementace do obvodu dle jejich dokumentace. Výběr součástek je významný pro optimální funkci výsledného obvodu a pro jednodušší návrh. Jedná o bateriovou aplikaci, která by měla být malých rozměrů, nízké spotřeby a cenově přijatelná [8]. Součástky byly vybírány dle těchto parametrů seřazených od nejvyšší priority. Elektrické vlastnosti, spotřeba, typ pouzdra a cena.

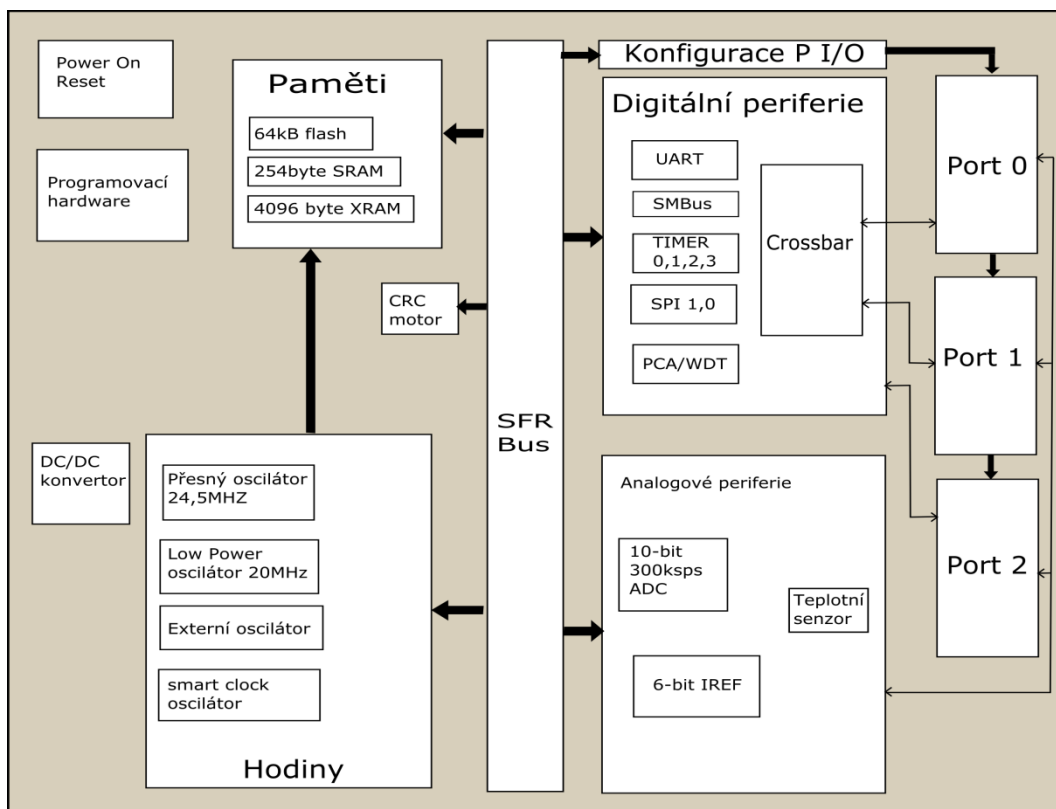
Tištěný spoj byl navržen v prostředí Eagle. Výsledná deska je dvouvrstvá o rozměrech 95x75 mm. Schéma zapojení a návrh desky jsou uvedeny v *Příloze A*.

3.1 Řídící jednotka – mikroprocesor

Procesor Silabs C8051F930 se osvědčil již v předchozím návrhu bakalářské práce pro jeho nízkou spotřebu, dostatečné množství vstupních a výstupních pinů a také implementuje pro tuto práci velice důležitý A/D převodník a sériovou linku, jak je vidět na *Obr. 3.1*.

Základní parametry C8051F930 dle [8]:

- napájecí napětí 0,9V až 3,6V
- 10bit A/D převodník s rychlostí až 300 ksps
- 2 komparátory
- Paměť 64kB flash a 4352 bitů interní RAM
- Výkon až 25 MIPS při frekvenci hodin 25MHz
- 1x UART (Universal asynchronous receiver/transmitter)
- Interní oscilátor 24,5MHz a 20MHz
- Pouzdro 32 pinů, typ LQFP (9x9 mm)
- Teplotní senzor



Obr. 3.1 Blokové schéma procesoru Silabs C8051F930

3.1.1 Nastavení a zapojení

V aplikaci je procesor napájen stabilizovaným napětím 3,3V. Frekvence interního přesného oscilátoru je nastavena na 24,5MHz, přesnost taktovací frekvence je důležitá zejména kvůli spolehlivému přenosu dat po sériové lince. Jinak by bylo výhodnější použít implementovaný nízko-příkonový oscilátor pro úsporu energie. *Tabulka 3.1* ukazuje označení jednotlivých pinů a stručně vysvětluje jejich použití v obvodu. Ve sloupci typ je definováno, zda je pin digitální vstupní (I), digitální výstupní (O) nebo analogový (A). Díky významnému rozšíření funkcí ústředny popsanych v úvodu práce, je využito téměř všech 32 pinů. Některé připojené piny nejsou v práci využity a slouží pouze k možnosti naprogramování dalších funkcí (viz *Tabulka 3.1*).

Tabulka 3.1 Zapojení a použití pinů mikroprocesoru

Označení pinu	Typ	Použití
P0.0, P0.1	I	Vstupy bezdrátových čidel s kódováním KEELOQ
P0.2, P0.3	I	Aktivace a deaktivace alarmu dálkovým ovladačem
Tx, Rx	-	Vysílací a přijímací kanál sériové linky
P0.7	O	Zapínání GSM/GPS modulu ²
P1.0	A	Vyhodnocení tlaku
P1.1	O	Reset GSM/GPS modulu ²
P1.2	I	Detekce prozvonění
P1.3	A	Vyhodnocení zrychlení (osa x)
P1.4	A	Vyhodnocení zrychlení (osa y)
P1.5	A	Vyhodnocení zrychlení (osa z)
P1.6	I	Detekce pádu zařízení ³
P1.7	O	Přepínání citlivosti akcelerometru při detekci pádu ³
P2.0	I	Detekce vypnutého modulu / LED1 ¹
P2.1	I	Detekce přerušení primárního napájení / LED2 ¹
P2.2	I	Signál od připojitelného detektoru
P2.3	I	Signál od připojitelného detektoru
P2.4	I	Signál od připojitelného detektoru
P2.5	O	Výstup pro ovládání sirény při spuštění poplachu ²
Poznámky: <ol style="list-style-type: none"> 1. Přepínatelný pin pomocí jumperu. 2. Pin nastaven na push-pull, neboť výstup s otevřeným kolektorem není dostatečně tvrdý pro otevření použitých tranzistorů. 3. Funkce není využívána. <p>Ostatní piny jsou napájecí, programovací nebo nejsou nepoužité (viz Příloha A).</p>		

GSM-GPS modul

Plní funkci komunikačního rozhraní mezi ústřednou a uživatelem. Stejně jako procesor se v závěrečné práci bakalářského studia osvědčil i modul od Siemens XT65. Největší jeho výhodou je implementace technologií GSM a GPS na jednom malém čipu. Dle [8] a [11] podporuje čtyři pásma GSM, což umožňuje sledovat pohyb osob, vozidel a dalších objektů zájmu v jakékoliv síti po celém světě.

Vlastnosti

- Quad-Band GSM850/900/1800/1900
- GPRS class 12
- žádné olověné součásti

3.1.2 Zapojení a ovládání modulu

K základní desce se tento samostatný modul připojuje pomocí board-to-board konektoru. Napájecí napětí je nastavené na 4,3V. Ovládání je možné pomocí programovacího jazyka Java, avšak vzhledem k používání pouze základních funkcí modulu byla zvolena obsluha pomocí AT (attention) příkazů. Je to sice méně elegantní, zato přímější a v tomto případě i jednodušší řešení. Více k AT příkazům v kapitole 4.1.

Napájení pro modul je nutné upravit, tak aby vyhovovalo vysokým proudovým nárokům, neboť při navazování hovorů dosahují proudové špičky až 3A. Možnosti úprav napájení je věnovaná celá kapitola 3.5.2. Tabulka 3.2 vysvětluje význam zapojených pinů, které jsou použity pro obsluhu modulu. V bakalářské práci se musel modul zapínat a vypínat manuálně přes mikrospínač. Nyní je tento proces prováděn automaticky pomocí dvou NPN tranzistorů připojených k procesoru.

Tabulka 3.2 Zapojení a použití pinů modulu

Označení pinu	Použití
CCCLK,CCVCC,CCIO, CCRST,CCGND	Piny pro připojení SIM karty.

RXD0, TXD0	Kanály pro sériovou komunikaci, která slouží pro ovládání pomocí AT příkazů.
PWR_IND	Výstup detekující zapnutý/vypnutý modul.
IGT	Zapínání GSM/GPS modulu, přivedení logické „0“ na vstup minimálně po dobu 300ms.
EMR_RST	Reset nebo vypnutí modulu. Po přivedení logické „0“ na pin a zároveň do 400ms i na IGT nastane reset. Pokud IGT do té doby „0“ nebude, modul se vypne.
RING0	Příznak příchozího hovoru.
Poznámky: Ostatní piny jsou připojené k napájení, zemi nebo nezapojené (viz Příloha A).	

3.2 Akcelerometr

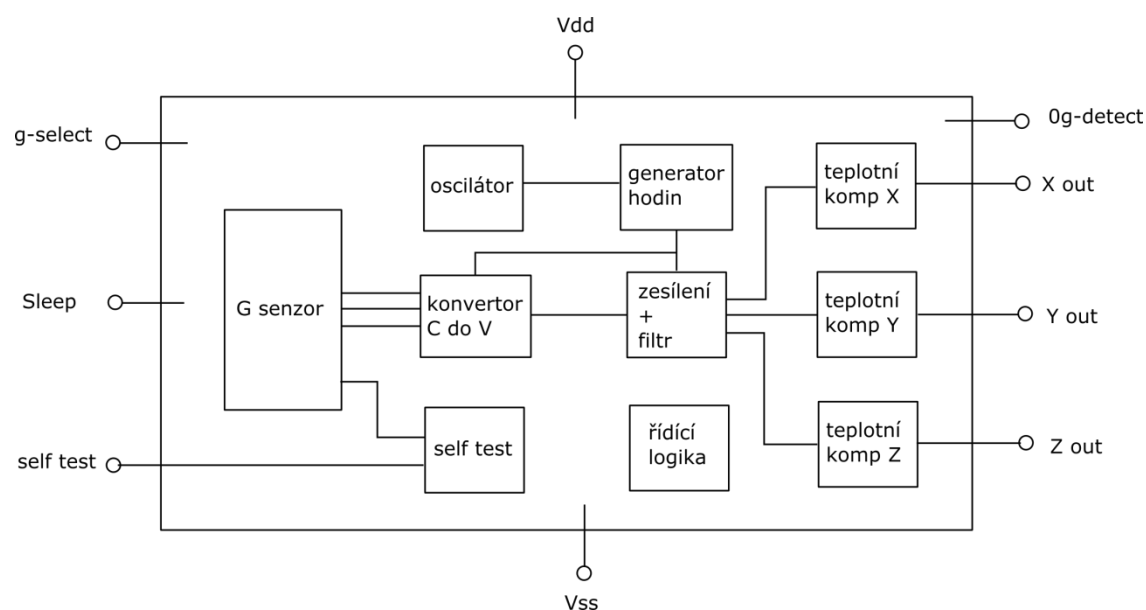
Senzor, který je citlivý na statické a dynamické zrychlení. Statické zrychlení vzniká vlivem působení gravitační síly Země a je rovné přibližně $9,8 \text{ m/s}^2$. Pro toto zrychlení se zavádí poměrná jednotka známá jako „g“. Velikost 1 g odpovídá gravitační síle Země na hladině moře. Pohyb nebo vibrace odpovídají dynamickému zrychlení, tato detekce funguje na základě zákona o setrvačnosti. V principu se každý akcelerometr skládá z hmotného bodu, pružiny a tlumení. Když nastane zrychlení, hmotný bod díky své setrvačné síle vyvolá reakci, která přemění jeho výchylku na signál. Tato transformace výchylky je realizována nejčastěji piezoelektricky nebo technologií MEMS (viz kapitola 3.2.2). Senzory mají napěťový výstup a v současné době můžeme vybírat mezi analogovými, digitálními nebo kombinovanými akcelerometry. Digitální výstup funguje na principu pulsně šířkové modulace, kde se šířka pulsu mění se zrychlením. Výhodou je, že můžeme měřit zrychlení bez nutnosti použití A/D převodníku.

V této práci je použit akcelerometr s analogovým výstupem MMA7361L [3]. Jedná se o tříosý senzor od firmy Freescale, který se může pochlubit nízkým příkonem, malým, nízko-profilovým pouzdem LGA se 14 piny, vysokou citlivostí a přijatelnou cenou.

Dále můžeme využít jeho přepínatelný rozsah mezi 1,5 g a 6 g, to je výhodné zejména při detekci volného pádu zařízení. V režimu 1,5 g může dojít při nárazu na tvrdý povrch k překročení rozsahu senzoru, což může mít za následek jeho zničení. Volný pád senzor sám vyhodnotí při nulovém zrychlení na všech osách. Pro tuto práci je jeho velkou výhodou možnost uvést akcelerometr do režimu spánku.

Vlastnosti

- Velikost pouzdra 3mm x 5mm x 1.0mm
- Spotřeba 400 μ A
- Spotřeba v režimu spánku 3 μ A
- Nízké napájecí napětí 2,2 až 3,6V
- Citlivost 800mV/g v rozsahu 1,5 g
- Self test pro detekci pádu



Obr. 3.2 Zjednodušený blokový diagram akcelerometru MMA7361L

3.2.1 Zapojení v obvodu

Napájecí napětí součástky je 3,3V, kvalitní stabilizátor je v tomto případě velmi důležitý neboť při větším proudovém zatížení může vstupní napětí kolísat a kolísání napájecího napětí akcelerometru by to mohlo způsobit falešný poplach. Podrobnější informace ohledně napájení celého zařízení jsou v kapitole 3.5. Tištěný spoj byl navržen tak, aby všechny vstupy a výstupy byly připojeny k mikroprocesoru. V budoucnu, tak bude jednodušší rozšířit funkci ústředny například o detekci volného pádu, která není využívána.

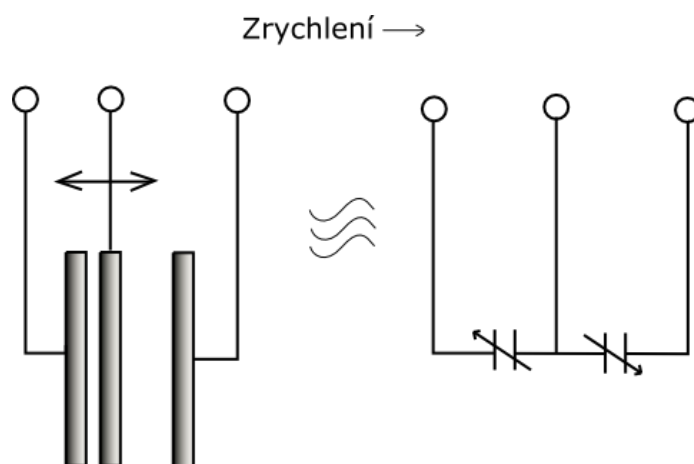
Tabulka 3.3 Zapojení a použití pinů akcelerometru

Označení pinu	Použití
X _{OUT} , Y _{OUT} , Z _{OUT}	Analogové výstupy zrychlení v jednotlivých osách, paralelně ke každému výstupu je připojen filtrační kondenzátor o velikosti 100 nF.
0 g-detect	Při detekci nulového napětí je na výstupu logická „1“
g-select	Výběr mezi rozsahem 1,5 g a 6 g, stále je používán rozsah 1,5 g pro jeho vyšší citlivost.
Sleep	Logická „0“ na pinu uvede akcelerometr do režimu spánku. Logická „1“, znamená uvedení zpět do normálního režimu
Poznámky: Ostatní piny jsou připojené k napájení, zemi nebo nezapojené (viz Příloha A).	

3.2.2 Technologie MEMS

Mikro-elektro-mechanické systémy neboli MEMS, se skládají z miniaturních částí zařízení a struktur, nejmenší části mohou být velké od jednoho mikronu. Vždy obsahují aspoň jednu mechanicky pohyblivou část a jsou založené na bázi křemíku. Pozoruhodné je, že součástky i přes své miniaturní rozměry dosahují mnohdy větších přesností než jejich větší předchůdci. Díky výrobě založené na stejném principu jako u integrovaných obvodů jsou MEMS technologie výhodné i z hlediska ceny. Mechanické části se zhotovují leptáním vrstev křemíku, je to tak zvaný mikro-obráběcí proces.

Princip MEMS akcelerometru [8] je založený na proměnné kapacitě vzduchového kondenzátoru (viz Obr. 3.3). Zjednodušeně má tento kondenzátor tři elektrody, z nichž jedna je volná. Ta se při zrychlení v dielektriku pohybuje, tím se mění její vzdálenost mezi ostatními elektrodami a tím i kapacita. Děj se dá popsat známým vzorcem $C = \varepsilon_r * \varepsilon_0 * \frac{S}{d}$, kde ε_r , ε_0 jsou konstanty dielektrika, S plocha elektrod a d jejich vzdálenost.



Obr. 3.3 Princip MEMS akcelerometru

3.3 Tlakový senzor

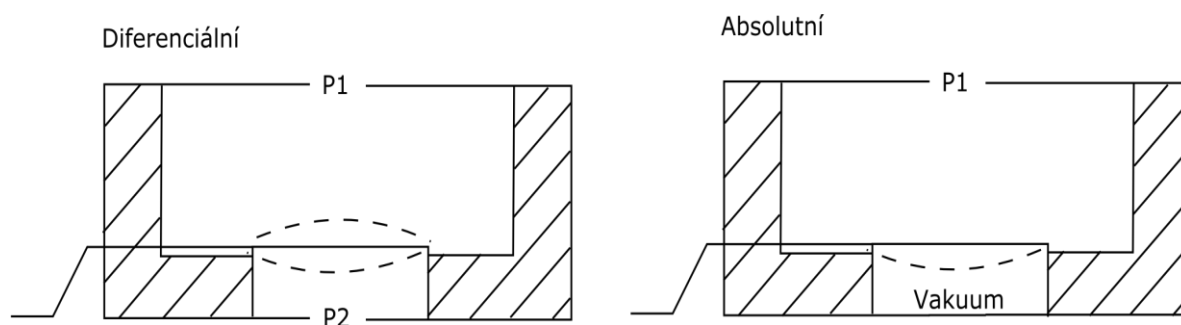
Senzory jsou citlivé na změnu tlaku a podle principu měření je můžeme rozdělit na 3 základní druhy.

- Senzor absolutního tlaku
- Diferenciální senzor
- Manometrický senzor

Pro účely detekce otevření dveří jsou důležité první dvě skupiny. Vyhodnocení této neoprávněné manipulace probíhá na základě změny tlaku v interiéru. Princip funkce těchto druhů senzorů je znázorněn na Obr. 3.4. Absolutní senzor měří tlak vůči vakuu, tyto senzory se používají například v barometrech pro měření nadmořské výšky. Diferenciální senzory mají dvě tlakové komory a vyhodnocují rozdíl tlaku mezi nimi. Výhodou je, že jsou většinou citlivější než absolutní senzory. Pro tento experiment byly vyzkoušeny oba typy detektorů od firmy Freescale, absolutní senzor tlaku MPXA6115A a diferenciální senzor tlaku MPXV7002. Výsledek experimentu a porovnání obou senzorů je zahrnuto v kapitole 4.4.

Vlastnosti MPXA6115A a MPXV7002

- napájecí napětí 5V
- spotřeba 10 mA
- teplotní kompenzace od -40 do +125°C (MPXV7002 +10 až +60°C)
- rozsah 15 až 115 kPa (MPXV7002 -2kPa až 2kPa)



Obr. 3.4 Princip mechanického uspořádání tlakových senzorů

3.3.1 Zapojení v obvodu

Při návrhu obvodu byla v programu Eagle vytvořena a umístěna na desku pouze součástka pro senzor MPXA6115A. Ten je připojen na napájecí napětí 5V. Zakomponování do obvodu je jednoduché, jsou použity pouze 3 piny, dva slouží pro napájení a jeden je analogový napěťový výstup připojený k procesoru. Na výstup je přidán filtrační kondenzátor a odpor dle [4] Zapojení diferenciálního senzoru MPXV7002 bylo provedeno analogicky, ale pouze provizorně pomocí drátových spojů.

3.4 Bezdrátový přijímač

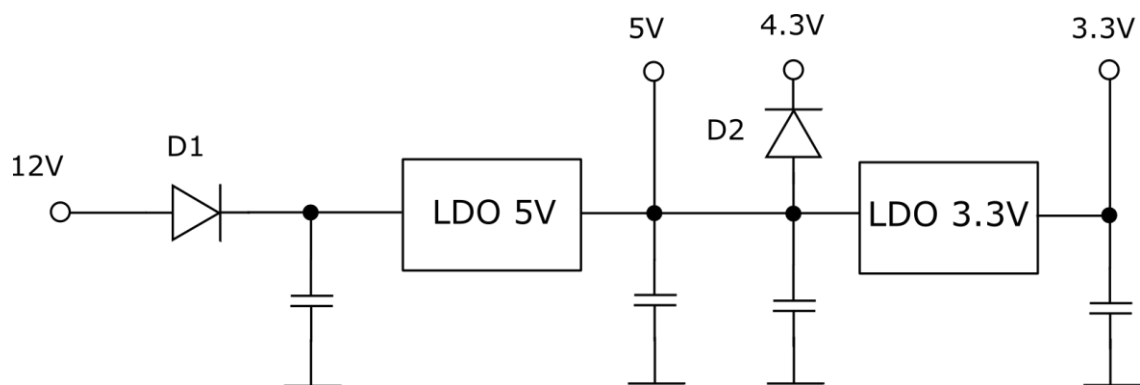
Slouží pro komunikaci s bezdrátovými senzory a pro příjem signálu od klíčenky, pomocí které zapínáme a vypínáme režim střežení. Rozšíření ústředny o bezdrátové prvky má výhodu především ve snadné montáži výsledného zařízení. Je použit přijímač RX-4MHCS od firmy Aurel, který disponuje HSC (Harmonized system code) kódováním signálu [1]. Pracuje na frekvenci 433,92 MHz, můžeme si vybrat mezi monostabilním a bistabilním módem a má 4 kanály. Je schopný se naučit rozpoznat kódy HSC vysílačů a ty pak přiřadit k jednotlivým výstupním kanálům (viz kapitola 5.2). Anténa pro tuto komponentu není integrována na desce a proto je pro zvýšení dosahu vhodné přikoupit externí. Při výběru přijímače jsem zohlednil především cenu, která je oproti srovnatelným obvodům od firmy Jablotron více než 2krát nižší. Nevýhodou je, že nemá tak široký výběr kompatibilních bezdrátových senzorů, avšak opět jsou tyto senzory výrazně levnější.

Tabulka 3.4 Použité zapojení pinů přijímače RX-4MHSC

Číslo pinu dle [1]	Použití
3	Pin pro připojení antény
9	Připojení programovacího tlačítka ¹
14	Výstup pro připojení LED, která informuje o stavu modulu ¹
10,11,12,13	Logické výstupy s otevřeným kolektorem, které jsou přivedené na vstupy procesoru
Poznámky: 1. více informací k programování přijímače v kapitole 5.2. Ostatní piny jsou připojené k napájení, zemi nebo nezapojené (viz Příloha A).	

3.5 Napájení obvodu

Obvod je navržen pro napájecí napětí 12V, to je výhodné zejména pro připojení k autobaterii. Napětí by nemělo být výrazně vyšší než tato hodnota i když použitý 5V lineární regulátor má vstupní rozsah napětí 2,3 V až 30 V a je zatížitelný až 500mA. V případě dlouhodobě vyššího proudového zatížení a vysokého vstupního napětí by zbytečně zahříval celý obvod. Čím větší rozdíl napětí má regulátor mezi vstupem a výstupem, tím více se zahřívá, protože rozdílová energie se přeměňuje na teplo. Tento případ hrozí především při sepnutí výstupu sirény, kdy je spínací proud relé vysoký. V obvodu se používají pro napájení součástek celkem tři potenciály. Napětí 5V, 4,3V a 3,3V se získá použitím dvou lineárních stabilizátorů a diody. Zapojení napájecího okruhu znázorňuje Obr. 3.5. Použité lineární regulátory mají vynikající klidovou spotřebu v jednotkách μA a jsou zapojené za sebou. To je z důvodu snížení již zmiňovaného velkého rozdílu mezi vstupním a výstupním napětím v případě druhého regulátoru LDO3.3V. Paralelní zapojení je ovšem také možné, výhodou by bylo rovnoměrnější rozložení proudové zátěže mezi LDO5V a LDO3.3V. Dioda D1 slouží jako ochrana proti prepólování. Diody D2 se využívá pro její napěťový úbytek přibližně 0,6 až 0,7V, tím se dosáhne potencionálu, který už odpovídá napájecímu rozsahu GSM/GPS modulu.

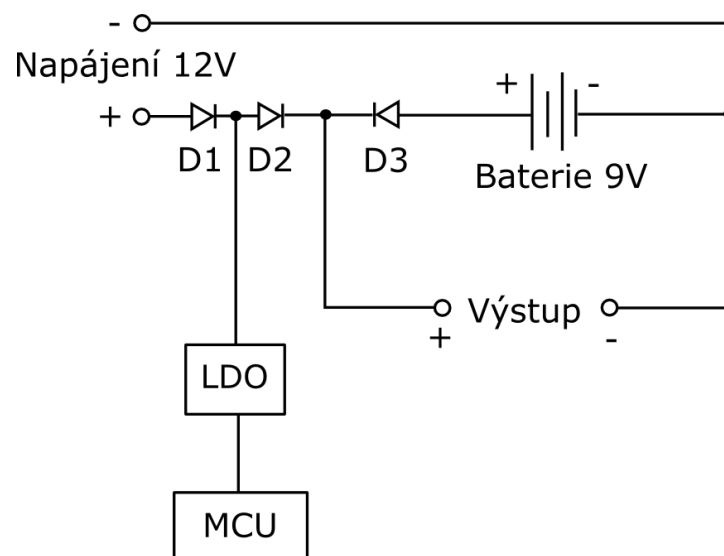


Obr. 3.5 Schéma napájecího obvodu

3.5.1 Záložní zdroj

Ústředna obsahuje i záložní zdroj v případě sabotáže hlavního napájení. K tomu bylo potřeba navrhnout obvod, který okamžitě přepne na záložní energii tak, aby nedocházelo k resetu zařízení během otevírání P-N přechodů diod. V době přepínání na záložní zdroj, jsou důležité součástky jako procesor a modul napájeny ze dvou velkých kondenzátorů 3900 μF . Tyto kondenzátory zároveň slouží pro pokrytí proudových špiček u modulu (viz kapitola 3.5.2). Schéma záložního bateriového obvodu je znázorněno na

Obr. 3.6.



Obr. 3.6 Schéma navrženého obvodu pro záložní zdroj

V principu musí být napětí na D3 v závěrném směru stále aspoň o 0,7V vyšší, aby byla dioda zavřená. V našem případě při plně nabité baterii je to minimálně 9,7V, úbytek na D1 a D2 je dohromady maximálně 1,4V. Z toho vyplývá, že hlavní napájecí napětí by nemělo klesnout pod 11,1V. Autobaterii kolísá napětí zhruba od 11V v zimě do 14,5V při jízdě, kdy dobíjí alternátor. Vzniká tedy teoretický prostor 0,1V pro tok minimálního proudu ze záložní baterie. Ve výsledku to znamená, že se náhradní zdroj může o pár desetin voltu vybit na hodnotu, kde už bude D3 plně zavřená. Napájecí napětí je po regulaci přivedeno na pin procesoru. V případě sabotáže se na pinu detekuje logická „0“ a vyhodnotí se poplach.

3.5.2 Napájení GSM/GPS modulu

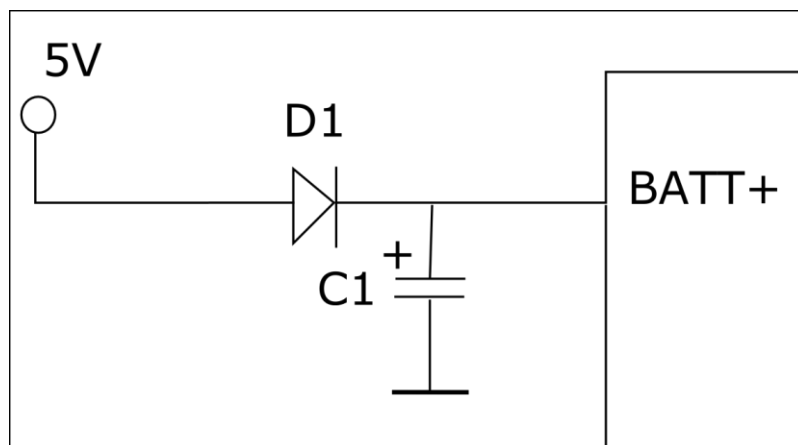
Napájení modulu je problematické z důvodu vysokých proudových špiček. Ty mohou dosahovat až 3 A, vznikají při přihlašování k síti a při odchozím nebo příchozím hovoru. Rozsah napájení je výrobcem určen od 3,3 do 4,5V. Pokud při špičce klesne napětí pod 3,2V, dojde k automatickému vypnutí. Tomu je nutné zamezit a proto zde budou popsány možnosti úprav napájení, které pokryjí proudové špičky dle [13].

Lineární regulátor

První možností je použít lineární regulátor, který je designován na výstupní proud 3A. Podmínkou je, že i zdroj musí poskytnout 3A. Tento návrh je levný a poměrně snadný, ale ne všude se dá použít. Problém může nastat při dlouhém hovoru, jelikož regulátor přeměňuje rozdíl napětí mezi vstupem a výstupem na teplo, může dojít k přehřívání.

Přidání vhodného kondenzátoru

Tento způsob je velmi výhodný pokud máme k dispozici pouze měkký zdroj, například USB port (max. 500 mA). Pro úpravu velikosti napětí můžeme použít, jednu nebo dvě diody a velký kondenzátor (*Obr. 3.7*). Parametry kondenzátoru musí být takové, aby byl schopný dodat během jedné špičky 3A. Kapacita by se měla pohybovat mezi 4,7 – 10mF s parametrem ESR (Equipment series rezistant) maximálně 50mΩ.



Obr. 3.7 Příklad zapojení obvodu napájeného z USB portu

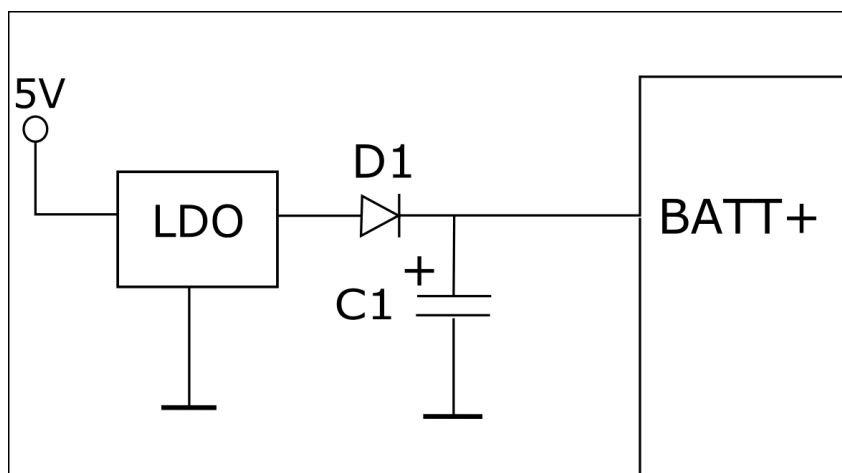
Baterie

Z hlediska napájení je nejsnazší použít akumulátory, ty jsou velice flexibilní a mohou vyvinout proud až desítky ampér. Nejvhodnější jsou nabíjecí baterie Lithium Ion nebo Lithium Polymer. Výrobce doporučuje tyto 2 typy baterií, které jsou přímo testované na modulu XT65.

- LIP 653450 TC - typ Lithium Ion
- PLF 503759C.PCM - typ Lithium Polymer

Kombinace mezi lineárním a kondenzátorovým napájením

V diplomové práci je použitý tento způsob, který je v praxi nejběžnější (Obr. 3.8). Zapojení kombinuje obě předchozí možnosti a poskytuje největší výkon.



Obr. 3.8 Kombinace kapacitního a lineárního zdroje

Dle [13] zbývá spočítat, jakou velikost by měl mít kondenzátor C1. Průměrná spotřeba při vytáčení je 440mA. Lineární regulátor je schopný dodat 500mA, tím se pokryjí běžné proudové nároky. Špičky jsou 3A z toho vyplývá, že kondenzátor musí vydat aspoň 2,5A a to po dobu 577μs. Pokud budeme uvažovat, že má hodnotu ESR 50mΩ bude pokles napětí 150mV (50mΩ * 3A). Maximální dovolený pokles napětí je zvolen 400mV. Vzorec pro výpočet je pak následující:

$$C = (I \times \Delta t) / \Delta U$$

Kde:

ΔU – rozdíl změny napětí (400 - 150=250mV)

Δt – doba jedné proudové špičky (577μs)

I – potřebný výstupný proud (2,5A)

V nejhorším možném případě by měl stačit kondenzátor o velikosti 5770μF s hodnotou ESR rovnou 50mΩ. Ve skutečnosti jsou použity dva paralelně zapojené o velikosti 3900μF s nízkou ESR, ty dávají dohromady kapacitu 7800μF.

4 Softwarová část

Kapitola se bude věnovat softwarové části diplomové práce. Ovládání GSM/GPS modulu je zajištěno prostřednictvím AT příkazů, kterým se bude věnovat úvodní podkapitola, AT příkazy se musely zakomponovat do hlavního programu mikroprocesoru, o kterém se pojednává dále. V poslední části budou popsány kroky k vytvoření testovacího programu pro měření odezvy na vzruchové podněty akcelerometru a tlakového senzoru.

Ve srovnání s bakalářskou prací je hlavním přínosem vytvoření zcela nové struktury obslužného programu mikroprocesoru, která dovoluje přehledně doplňovat soubor řídících AT příkazů a tím poskytuje možnost snadnějšího programového rozšíření práce. To umožnilo vyvinout důmyslné a uživatelsky příjemné ovládání ústředny. Dále je přínos ve využití přerušení od sériové linky, hlídacího obvodu WDT (Watch dog timer) nebo v použití všech dostupných úsporných módů součástek. Významným přínosem je také vytvoření inteligentního algoritmu pro vyhodnocení otřesu a náklonu, který maximálně eliminuje možnost falešného poplachu a zohledňuje i případný chybný převod A/D převodníku (*viz kapitola 4.2.2*).

4.1 AT příkazy

V kapitole je uveden soubor všech použitých AT příkazů se stručným popisem, jejich syntaxe zápisu a volitelné parametry. Vše je demonstrováno na konkrétních příkladech použitých v této práci. Všechny uvedené informace vyplívají z rozšířené dokumentace modulu XT65 [12], která obsahuje úplný soubor dovolených příkazů. K ladění a k prvotnímu nastavení modulu pomocí AT příkazů byl použit terminál Herkules od firmy HW group, speciálně vytvořený k testování komunikace nejen pro sériovou linku. V rámci rozšíření funkcí ústředny se soubor AT příkazů oproti předchozí verzi zdvojnásobil.

4.1.1 Základní popis a syntaxe

Dle [8] se AT příkazy dá ovládat každé GSM zařízení, které umí tzv. Hayesův kód (jméno firmy, která je prvně použila). Můžeme tak bez hardwarových vstupních zařízení, kterými jsou typicky klávesnice a funkční tlačítka na telefonu, obsloužit všechny funkce modulu. Syntaxe je velice jednoduchá, můžeme ji rozdělit do 3. základních struktur.

- $AT+\langle \text{příkaz} \rangle = ? \langle CR \rangle$ – testovací syntaxe, kterou je možné zjistit, zdali je daný příkaz podporován. Pokud ano, vypíše se dovolené parametry.
- $AT+\langle \text{příkaz} \rangle ? \langle CR \rangle$ – vypíše se aktuální nastavení daného příkazu.
- $AT+\langle \text{příkaz} \rangle = \langle \text{parametr} \rangle \langle CR \rangle$ nebo $AT^{\wedge} \langle \text{příkaz} \rangle = \langle \text{parametr} \rangle \langle CR \rangle$ – tato forma zápisu slouží pro vykonání příkazu, který je definován parametrem.

Každý příkaz musí být zakončen znakem $\langle CR \rangle$, ten je dle Ascii tabulky v desítkové soustavě symbolizován číslem 13, v hexadecimální číslem 0D a na klávesnici stisknutím tlačítka ENTER. Pro ověření správně navázané komunikace je možné použít nejjednodušší příkaz $AT \langle CR \rangle$, odpovědí bude *OK*. Odpověď GSM zařízení na jednotlivé příkazy může být různá (viz *Tabulka 4.1*).

Tabulka 4.1 Základní odpovědi modulu na AT příkazy

Odpověď	Popis
OK	Potvrzení správně přijatého a zpracovaného příkazu
ERROR	Nepovolený, neznámý nebo nesprávně vykonaný příkaz
NO CARRIER	Není signál nebo je linka obsazená
NO DIALTONE	Nelze vytočit číslo z důvodu absence tónové odezvy.
RING	Ohlášení příchozího hovoru
BUSY	Zaneprázdněný

4.1.2 Seznam použitých AT příkazů

AT příkazy s uvedenými parametry vedly k výsledné programové realizaci ústředny. Informace o jednotlivých příkazech a jejich grafická úprava v následujícím textu vychází z [8] a [12]. Parametry AT příkazu v hranatých závorkách v *Tabulka 4.2* znamenají, že je program mění podle potřeby, v závislosti na požadovaném výsledku.

Tabulka 4.2 Použité AT příkazy

AT příkaz s použitým parametrem	Popis
AT	Test navázané komunikace
ATH	Odpojení od linky a ukončení všech navázaných spojení
ATE0	Vypne echo přijatých znaků
AT+CSQ	Indikuje sílu signálu
AT+IPR= 9600	Nastavení přenosové rychlosti sériové linky na hodnotu 9600 Bd, parametr stačí nastavit pouze jednou při prvním použití modulu
AT^SGPSS=[0,1,2,3],0	Přepíná GPS přijímač mezi stavy „on“, „off“, „spánek“ a „probuzení“, v závislosti na stavu ve kterém se ústředna nachází. Druhý parametr nastavuje AT příkazový mód pro GPS. Vhodné přepínání má velký vliv na úsporu energie ¹
AT^SGPSR=0	Pokud je známá poloha, příkaz vypíše tyto informace: Datum, čas, zeměpisná šířka, zeměpisná délka, nadmořská výška, rychlost, kurs, status fixace ³
AT+CMGF=1	nastaví textový mód SMS zpráv
AT+CSMS=1	Nastavení fáze 2, nutné pro správnou funkci přímého zobrazení obdržené SMS ²
AT+CNMI=1,2	Automatické vypsání zprávy ihned po přijetí

AT+CPBW=[1,2,3],<tel.číslo>,145,[uz1,uz2,uz3]	Uloží telefonní číslo do seznamu na pozici 1,2 nebo 3, pod jménem uz1,uz2 nebo uz3. Tyto uložená čísla pak mohou ovládat ústřednu ²
ATD>SM[1,2,3]	Vytočí číslo z pozice 1, 2 nebo 3 v závislosti na parametru
AT^SM20=0	Při odchozím hovoru není možné, dále ovládat telefon AT příkazy, proto se musí předem nastavit, aby byl telefon v AT módu i při navazování hovoru. Nutné pro realizaci prozvonění
AT+CLCC	Informace o stavu hovoru, slouží pro funkci prozvonění, nastaveno na ukončení hovoru po prvním zazvonění
AT+CLIP=1	Zobrazení jména volajícího
AT+CMGW=<číslo uživatele> po přijetí ">" vložit text zprávy	Vytvoří a uloží SMS zprávu s informacemi o poloze na 4. pozici v paměti ²
AT+CMSS=4	Odešle SMS se souřadnicemi z paměti na telefonní číslo uživatele.
AT+CPBR=[1,2,3]	Zobrazí uložené tel. číslo ze SIM karty na dané pozici, to si pak program MCU uloží do své RAM
AT+CPMS="MT","SM","MT"	Tímto definujeme, že pro čtení a mazání SMS bude k dispozici paměť SIM i modulu. Pro ukládání a posílání SMS se použije pouze paměť SIM, přijaté SMS budou umístovány opět do obou úložných prostor.
AT+CMGD=<číslo pozice>	Vymaže SMS z dané pozice v paměti
AT+CFUN=0	Modul se přepne do režimu spánku, probuzení nastává při prozvonění
Poznámky: 1. Podrobněji v kapitole 4.2.2 2. Podrobněji v [12] 3. Podrobněji v kapitole 5.3.	

4.2 Vývoj řídicího programu

Program byl vyvíjen v prostředí Silicon Laboratories IDE (Integrated development environment). Jedná se o prostředí vytvořené speciálně, pro programování procesorů firmy Silabs. Umožňuje integrovat kompilátory jazyka C, například Keil nebo SDCC (Small device C compiler). Je také možné použít jazyk Assembler, ovšem vzhledem k rozsáhlosti řídicího programu ústředny to není příliš výhodné. Kompletní zdrojový kód včetně poznámek je k nahlédnutí na přiloženém CD.

4.2.1 Kompilátor SDCC

Dle [8] se jedná o ANSI C (American national standards institute) překladač, který je speciálně navržen pro 8bitové procesory. Umožňuje také vkládat rutiny psané jazykem Assembler, tento kód je pak možné volat jako procedury nebo funkce. Podobný překladač je KEILC51. Rozdíl mezi nimi je především v ukládání dat – SDCC ukládá data od nejnižšího po nejvyšší bit, kdežto Keil naopak. Co se týká optimalizace kódu, tak tu lépe zvládne Keil, má ovšem jednu velkou nevýhodu – SDCC je volně šířen jako freeware produkt, takže vzhledem k snadné dostupnosti a dostatku flash paměti zvoleného procesoru, byl v této práci použit kompilátor SDCC.

Návod, jak kompilátor integrovat do IDE, je popsán v [14]. SDCC je kompatibilní s typy procesorů Intel 8031, 8032, 8051, 8052, Dalas DS80C390, Freescale HC08, Zilog Z80 a již také nové typy Atmel AVR nebo Microchip PIC. Disponuje těmito datovými typy.

- bool (1 bit)
- char (1 byte)
- short (2 byty)
- int (2 byty)
- long (4 byty)
- float (4 byty s plovoucí čárkou)

4.2.2 Struktura programu

Hlavička programu s knihovnami, nastavením portů, časovačů, A/D převodníku, sériové linky a všech přerušení byla vygenerována pomocným programem Configuration Wizard.

Sériová linka komunikuje rychlostí 9600 Bd a přenáší 8 bitů bez parity. A/D převodník je nastaven na citlivější 10ti bitový převod. Z časovačů je použit 13ti bitový *Timer0* s předděličkou 48, frekvence jeho přetečení je přibližně 6Hz. Přerušování jsou generována od sériové linky a z pinů P0.2, P0.3, které aktivují a deaktivují střežení. Pin P2.5 se musí nastavit jako „push-pull“, aby s ním bylo možné plně otevřít tranzistor pro ovládání relé. Z důvodu snížení nároků na paměť RAM, je v úvodu programově vytvořen nový datový typ *BYTE*, který má oproti typu *int* velikost pouze 1 byte. Program je pro větší přehlednost rozdělen do dvou souborů, ***main1*** a ***test_zrychlení***.

Test_zrychlení

Tato oddělená část zdrojového kódu zajišťuje A/D převod signálu z akcelerometru a pomocí navrženého algoritmu detekuje otřes a náklon. Výstupem z algoritmu je pak proměnná, která obsahuje informaci o případném vyhlášení poplachu.

V prvním cyklu programu jsou uloženy referenční hodnoty převedeného napětí z akcelerometru. Ty se pak aktualizují přibližně každých 90 s. Testovací algoritmus zprůměruje pět hodnot z každé osy a pokud nejsou splněny níže uvedené podmínky pro všechny detekované směry, je vyhodnocen pohyb.

Náklon:

$$U_r - 4 * citlivost \leq U \leq U_r + 4 * citlivost$$

Otřes:

$$U_r - 8 * citlivost \leq U \leq U_r + 8 * citlivost$$

U – aktuální zprůměrovaná hodnota diskrétního napětí

U_r – referenční hodnota diskrétního napětí

citlivost – uživatelsky nastavitelný parametr pro změnu citlivosti detekce, z důvodu možného šumu a vibrací z okolního prostředí je minimální možná hodnota citlivosti rovna jedné.

Pokud je vyhodnocen pohyb z podmínky pro otřes, poplach nastává okamžitě. Naopak podmínka pro náklon musí vyhodnotit pohyb 10krát za sebou, aby došlo k aktivaci alarmu, tím je výrazně sníženo riziko falešného poplachu

Main1

Hlavní zdrojový soubor určený především pro spouštění poplachu na základě získaných signálů z čidel. Dále je zde naprogramováno ovládání a funkce celého zařízení v jednotlivých provozních režimech (viz kapitola 5.3). Kód má dvě hlavní procedury. Jedna odesílá vybrané AT příkazy a druhá vyhodnocuje přijaté řetězce z modulu, které jsou uloženy v bufferu velkém 100 bytů.

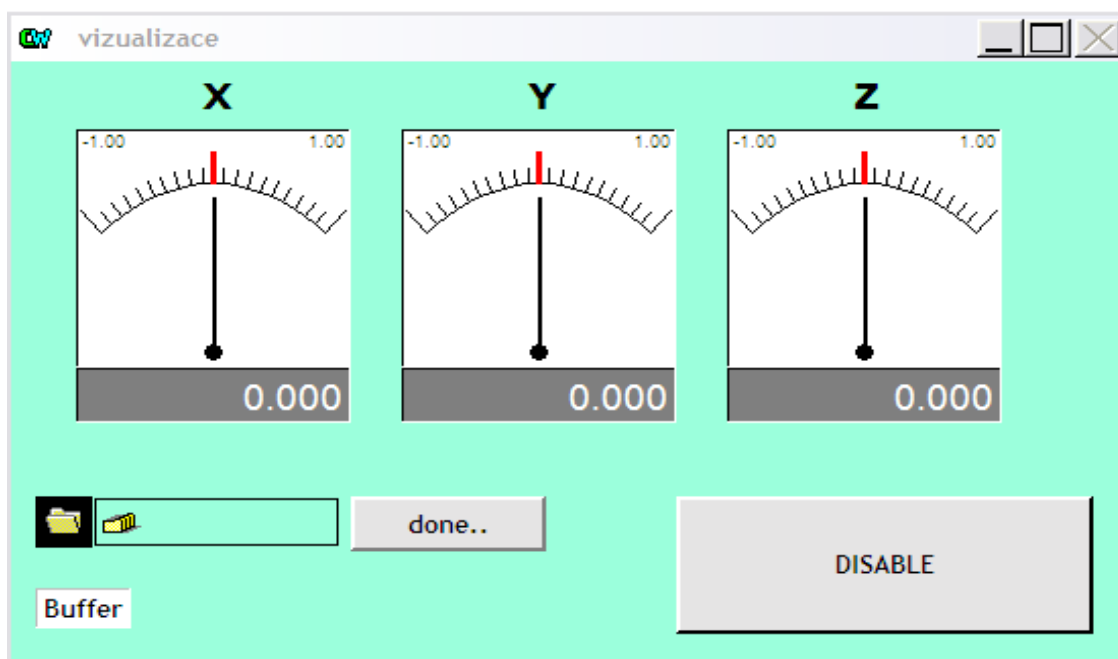
V nekonečné smyčce se testují všechny možné případy, které mohou nastat v závislosti na přijatých řetězcích nebo signálech. Jsou zmíněny pouze ty nejdůležitější testovací rutiny. První byla již naznačena výše, jedná se o vyhodnocení dat snímaných akcelerometrem. Pokud je vyhodnocen příkaz na zjištění polohy, aktivuje se GPS přijímač a cyklicky je vysílána žádost, do té doby, než se podaří zafixovat souřadnice. Poté se odešlou uživateli a přijímač se uvede do režimu spánku.

Na konec se provádí test deaktivace alarmu, pokud k tomu dojde, všechny komponenty, které mají k dispozici úsporný mód, se stanou neaktivní. Do nich patří modul, procesor a akcelerometr. Uvedení zpět do režimu střežení se provede dvěma možnými cestami. První možností je, že se modul probudí po detekci přichozího hovoru. Procesor má nastaveno probuzení jak od sériové linky, tak i přivedením logické „1“ na pin P0.2 od modulu. V tomto případě je vzbuzen sériovou linkou, neboť modul vysílá signál RING. Následně je vzbuzen i akcelerometr signálem od procesoru. V případě aktivace střežení od klíčenky se probudí procesor přivedením signálu na pin P0.2 a ten pak stejně jako v předchozím případě aktivuje akcelerometr. Problém nastává u modulu, jediný způsob jak jej probudit pomocí procesoru je restart. Ten se vykoná přivedením „0“ aspoň na 10 ms k pinu EMRST a po jeho uvolnění zpět do „1“ se musí do 400 ms přivést „0“ i na pin IGT. Tak dojde k okamžitému resetu, po němž se musí modul opět inicializovat k tomu určenou funkcí v programu. Při každé aktivaci zařízení se také vymažou nepotřebné zprávy v modulu, které by se mohly nashromáždit a zaplnit paměť. Tím by vznikly problémy s ovládáním pomocí textových zpráv.

4.3 Měření odezvy akcelerometru

V rámci Projektu [7] byl již dříve vytvořen program v prostředí Control Web, který po sériové lince zpracovává a ukládá odezvy akcelerometru na vzruchové podněty. Jedná se o grafické prostředí, které umožňuje programovat a vkládat komponenty na výstupní panel. Poté je potřeba vytvořit komunikační kanály pomocí integrovaného ovladače sériové linky a nastavit parametry komunikace shodné s nastavením vysílače. Rychlost 9600 Bd, 8 bitů, bez parity. Dále ovladač umožňuje práci s řetězcí, takže je využívána funkce čtení podřetězce. Po úpravě zdrojového souboru *test_zrychlení* procesor vždy odesílá postupně hodnoty ze všech tří os, které jsou zakončené synchronizačním znakem „1“. Ovladač linky je díky tomuto znaku schopný postupně přiřadit a zobrazit hodnoty na jednotlivých osách. Z A/D převodníku procesoru získáváme 10 bitová čísla, ovšem pro zjednodušení se dva nejméně významné bity odstraní, aby se nemuselo posílané číslo dělit do dvou bytů a pak opět skládat. Pro získání odpovídajícího rozsahu se číslo v Control Web pouze vynásobí čtyřmi.

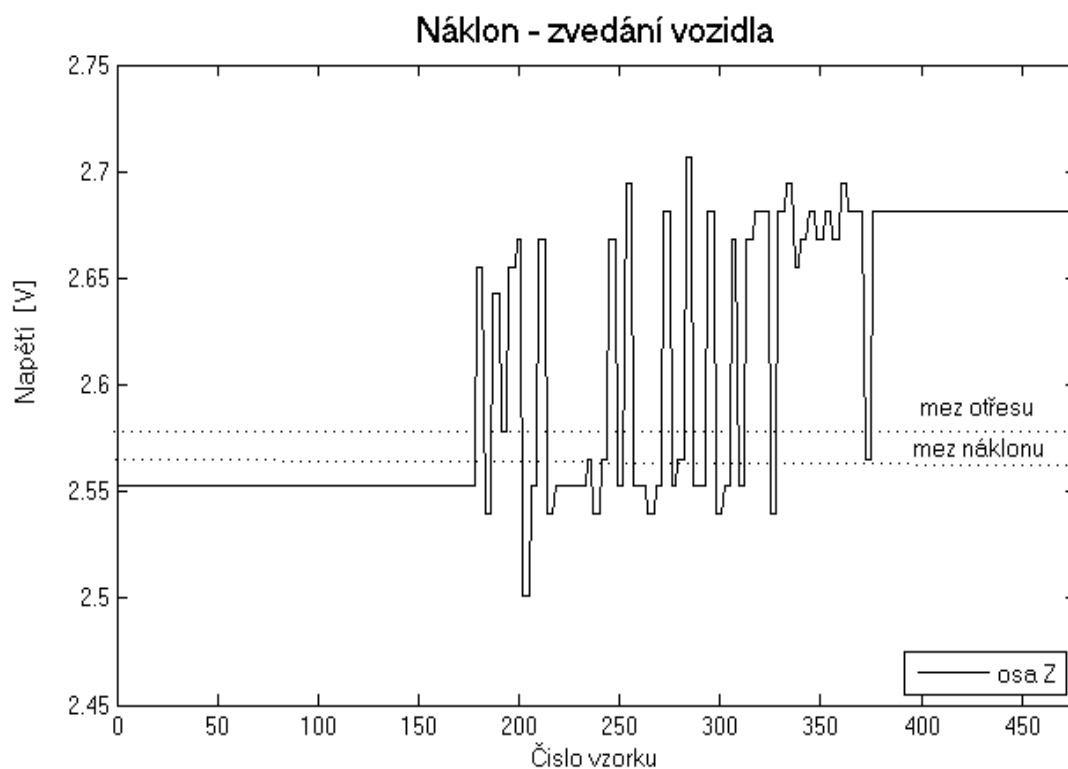
Na ovládacím panelu (viz Obr. 4.1) jsou umístěné tři ručičkové měřicí přístroje a pod nimi se nachází displeje pro zobrazení číselné hodnoty napětí v jednotlivých osách. Dále je panel doplněn obslužnými tlačítky pro zastavení čtení, uložení hodnot a kontrolkou přetečení bufferu.



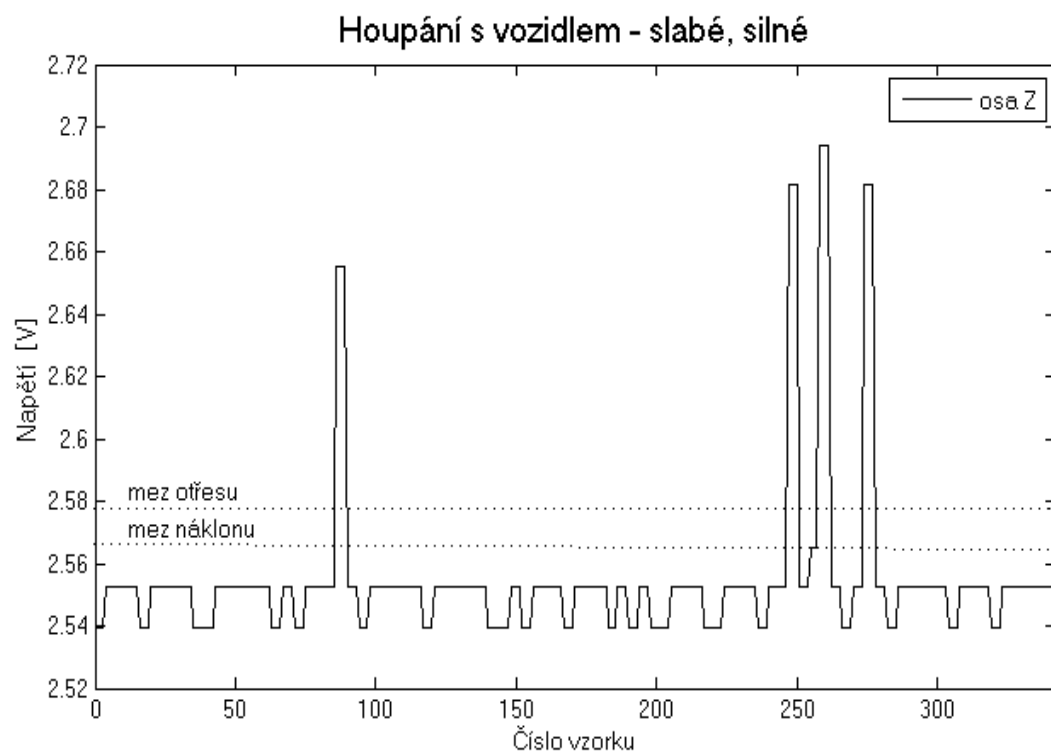
Obr. 4.1 Panel měřicího programu vytvořený v Control Web

Průběh a výsledky testu

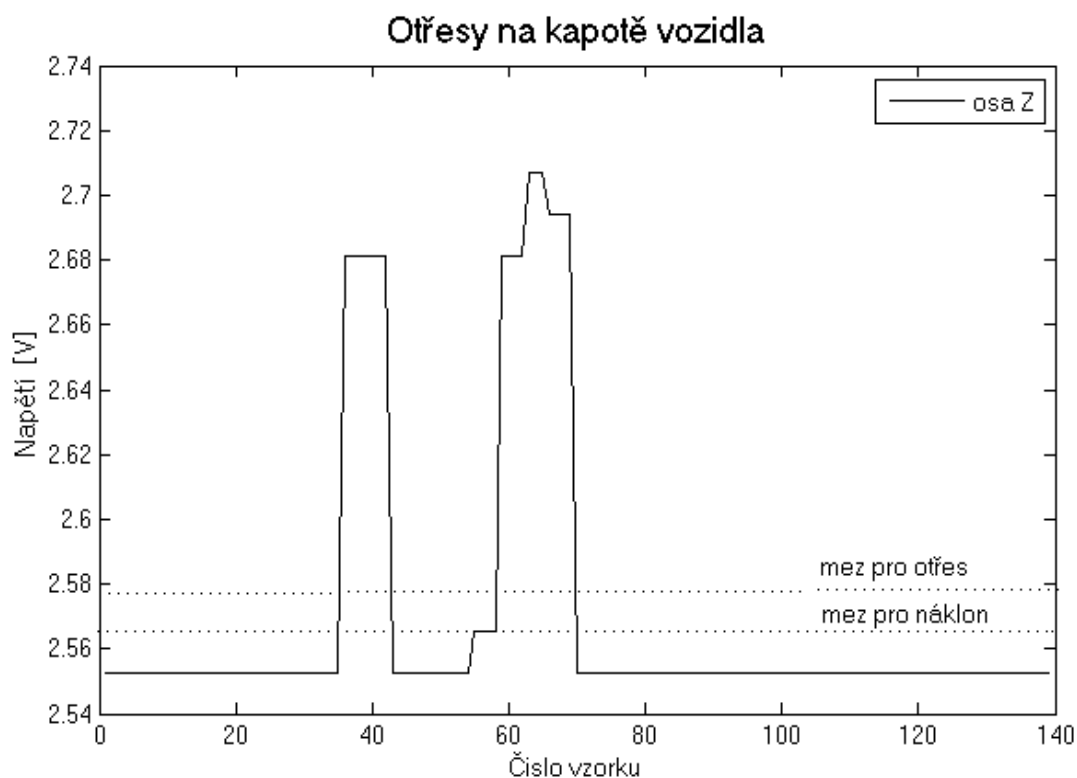
Přípravek byl umístěn volně na palubní desku osobního vozu Seat Ibiza. Osa Z byla přibližně rovnoběžná s působením gravitační síly a osa X byla situována ve směru jízdy. Směr osy Y je tímto již jasně definován. Postupně byly testovány odezvy na otřesy způsobené nedestruktivním boucháním do kapoty (*Obr. 4.4*), silným a slabým rozhoupáním vozu (*Obr. 4.3*) a jeho nakloněním do polohy, kdy aspoň jedno kolo ztratilo kontakt s povrchem (*Obr. 4.2*). Na grafech jsou pro představu zakreslené meze detekce v nejvyšší citlivosti, přepočítané na hodnotu výstupního napětí z akcelerometru. Průběh na grafech odpovídá ose Z, které byla vždy nejcitlivější na měřené podněty.



Obr. 4.2 Průběh odezvy na náklon



Obr. 4.3 Průběh odezvy na houpání s vozidlem



Obr. 4.4 Průběh odezvy při otřesech

Z měření náklonu je patrné, že mez nastavená na nejvyšší citlivost, je překročena již při prvním zdvihu heverem. Poplach bude prvně vyhodnocen díky překročení meze otřesu, to je způsobené navrženým algoritmem detekce (viz kapitola 4.2.2). Aby byl poplach iniciován dle detekce náklonu, musela by být příslušná mez překročena 10krát za sebou. Tento případ nastane při pomalém, málo dynamickém zdvihání automobilu. Detekce náklonu je velmi spolehlivá. Na průběhu zrychlení při rozhoupání vozu jsou patrné jednotlivé kmity. Jedná o kombinaci statického a dynamického zrychlení. První samostatná výchylka symbolizuje jedno mírné zhoupnutí, ostatní tři odpovídají silnějšímu rozhoupání, které dosahuje větších výchylek, což je vidět i na průběhu. Poslední graf zobrazuje odezvu na otřes způsobený dvěma údery do kapoty, kde můžeme vidět také vysoké překročení mezí a spolehlivé vyhodnocení poplachu.

Dále bylo ještě testováno nasednutí do vozu a nastartování, ale tyto vzruchy neměly detekovatelné odezvy. Pro zvýšení citlivosti zařízení je vhodné ho při instalaci do auta připevnit tak, aby docházelo k co největšímu přenosu vibrací. Tím by při nejvyšší citlivosti bylo teoreticky možné detekovat i nastartování motoru. To však není příliš podstatné, protože následný rozjezd vozu bude zcela jistě detekován i při pružném připevnění, rozdíl je pouze v dřívějším upozornění uživatele o čas mezi nastartováním a odjezdem. Spolehlivá detekce nasednutí není reálná, pro dostatečný náklon hraje roli více faktorů jako je typ automobilu nebo váha nasedající osoby. Z důvodu ponechání větší rezervy pro šum a vibrace z okolí při zachování dostatečné spolehlivosti, byla dle naměřených výsledků přednastavena citlivost na hodnotu 3.

4.4 Měření odezvy senzorů tlaku

Nejprve se testovalo na absolutním senzoru MPXA6115A. Výsledek měření byl zcela nevyhovující, senzor nebyl schopen zaznamenat dostatečnou změnu tlaku při rychlém otevírání dveří i v malé utěsněné místnosti. Rozsah vstupního tlaku 15kPa až 115kPa byl pro požadovaný účel zbytečně vysoký, protože námi měřené změny tlaku se pohybují ve stovkách Pascalů. Na trhu se ovšem tento druh senzorů v citlivějším provedení nenajde. Dobré využití má tak pouze v oblasti meteorologie jako prvek barometrů a výškoměrů.

Větší potenciál se skrýval v diferenciálním senzoru tlaku MPXV7002 s rozsahem -2kPa až +2kPa. Na pouzdře má vyvedeny dva vstupy pro tlak, z toho se jeden utěsní a druhý ponechá otevřený. Tím vznikne potřebná difference pro měření změny atmosférického tlaku. V rámci testu bylo zjištěno, že citlivost je mnohem vyšší oproti předchozímu typu, senzor je schopný zaznamenat i jemný proud vzduchu. Problém je v tom, že směr proudu vzduchu musí směřovat přímo do vstupu čidla. Senzor totiž není všesměrový a navíc změny tlaku způsobené otevřením dveří nejsou na větší vzdálenost natolik velké, aby došlo ke spolehlivé detekci.

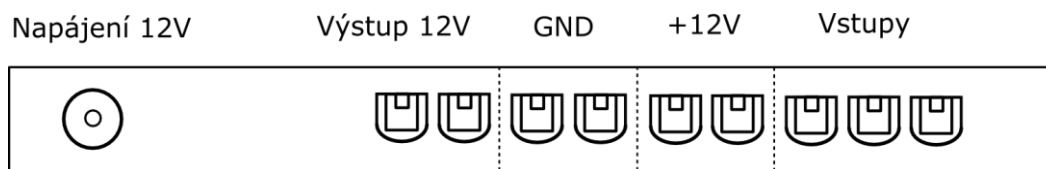
Výhody, které mělo přinést použití senzoru tlaku, byly především snadná integrace přímo na desku bez nutnosti další montáže a možnost využití jak pro střežení automobilu tak i objektu. Absolutní senzory tlaku jsou k tomuto účelu nepoužitelné kvůli jejich obecně nižší citlivosti. V úvahu připadá pouze použití diferenciálních senzorů. Dosahují větší citlivosti, ale i přes to není u MPXV7002 dostatečná, velmi totiž záleží na rychlosti otevření dveří. Lepších výsledků by se dosáhlo připojením hadičky k tlakovému vstupu a jejímu vyvedením co nejbližší ke zdroji tlaku. Toto řešení by však postrádalo uvedenou výhodu týkající se přenositelnosti zařízení a nároků na montáž. Další významnou nevýhodou je, že použité typy senzorů nenabízí žádné úsporné režimy a spotřeba vyšší o 10 mA je pro ústřednu poměrně významná. Dle dosažených výsledků je detekce otevření dveří založená na změně tlaku nespolehlivá a neefektivní, proto byl tlakový senzor ze zařízení odebrán.

5 Manuál k zabezpečovací ústředně

V této kapitole bude pojednáváno o použití, nastavení, montáži, ovládání a funkcích výsledného EZS. Vše bude popsáno z pohledu potřeb koncového uživatele tak, aby byl schopený uvést zařízení do provozu a plně využívat všechny jeho dostupné funkce.

5.1 Montáž

Při použití v automobilu i v objektu je vhodné zařízení ukrýt. Nejvyšší citlivosti z pohledu detekce otřesu a náklonu se dosáhne umístěním zařízení tak, aby jedna ze tří os akcelerometru byla rovnoběžná se směrem jízdy automobilu a druhá se směrem působení tíhové síly. Do svorkovnice je možné dle obrázku *Obr. 5.1* připojit všechny senzory a čidla, která mají napájecí napětí 12V a logický výstup „1“ při sepnutí. Je výhodné připojit do jednoho vstupu více smyček senzorů stejného typu. Výstup je zatížitelný dle možností napájecího zdroje, maximálně však 3A. Slouží především pro připojení sirény, ale je možné přidat i jiné vhodné zařízení.



Obr. 5.1 Panel pro zapojení ústředny

GPS anténa se dá do automobilu připevnit na čelní sklo, střechu nebo skrytě do mezery v karoserii, záleží na typu antény. Musí být ovšem dodržena podmínka přímé viditelnosti na oblohu.

5.2 Nastavení

SIM karta

Před vložením SIM karty do zařízení je nutné na její paměťové pozice uložit textové zprávy dle *Tabulka 5.1*, které budou posílány v případě poplachu. Text výstražné zprávy si může uživatel zvolit sám. Pro správnou funkci alarmu je nutné mít všechny tři první pozice na SIM kartě zaplněné. Je také důležité nastavit tři telefonní čísla,

se kterými bude ústředna komunikovat. Ty je možné uložit na SIM kartu prostřednictvím jiného mobilního telefonu, stejně jako výstražné SMS. Opět je nutné přidat kontakty na správnou pozici v paměti. Jména kontaktů nejsou libovolná, musí být pojmenované $Uz1$, $Uz2$ a $Uz3$, přičemž záleží na velikosti písmen. V tomto případě je jistější kontakty uložit prostřednictvím speciální ovládací SMS. Tato možnost je podrobně popsána v kapitole 5.3.

Tabulka 5.1 Uložení poplašných zpráv na SIM kartu podle pozice v paměti

Číslo pozice	Popis
1.	Informace o detekci náklonu nebo třesu Příklad: „ALARM (otřes-náklon)“
2.	Informace od čidel, které hlídají interiér Příklad: „ALARM (narušení interiéru)“
3.	Detekce odpojení baterie Příklad: „ALARM (sabotáž-přepnutí na záložní zdroj)“

Bezdrátový přijímač

Dle [1] je přijímač schopný rozeznávat signály až z 10ti vysílačů. Před zahájením ukládání a rozeznávání vysílačů by se měla nejdříve vymazat jeho paměť. Toho se dosáhne krátkým stisknutím programovacího tlačítka a následně, po rozblikání LED, se opět stiskne po dobu přibližně 5s než dioda zhasne. Paměť je nyní vymazaná.

Proces automatického naučení signálu se zahájí krátkým stisknutím programovacího tlačítka vedle přijímače. Na 10 s se rozbliká červená dioda, stiskem jednotlivých tlačítek klíčenky během této doby se signál uloží a následně bude rozpoznáván. Stejným způsobem postupujeme i při ukládání bezdrátových senzorů.

Přijímač je schopný rozeznávat pouze vysílače s HSC kódováním. Je možné volit mezi monostabilním a bistabilním módem ovšem správnou funkci zaručuje pouze monostabilní mód, který je automaticky přednastaven.

5.3 Ovládání a funkce

Alarm je ovladatelný pouze ze tří telefonních čísel uložených na SIM kartě, ostatní čísla jsou ignorována. Částečné ovládání je možné také pomocí klíčenek, které musí být spárované s přijímačem v ústředně. Všechny SMS ovládací příkazy lze zadávat jen v režimu střežení. Příkazy je nutné zadat v přesném tvaru tak, jak jsou uvedené, přičemž záleží na velikosti písmen.

Uložení uživatele

Je možné uložit maximálně tři telefonní čísla, kterými lze ovládat EZS a na které budou v případě poplachu posílány varovné zprávy. Jak již bylo zmíněno, uložení na SIM kartu lze provést nepřímo pomocí jiného mobilního zařízení pod přesně definovanými jmény. Výhodnější je ovšem použít tento SMS příkaz, kde se nemusíme starat o správně zadané jméno a pozici.

syntaxe:

<tel.č.>: <č.pozice>.uz

<tel.č.> telefonní číslo uživatele včetně mezinárodního předčísle (Česká republika +420)

<č.pozice> hodnota v rozmezí 1 až 3, která definuje, na jakou paměťovou pozici bude číslo uloženo. Je doporučeno ukládat postupně od první pozice.

Příklad:

+420728035056:1.uz

Odpověď zařízení:

Prozvonění

Toto je jediný příkaz, který funguje z libovolného telefonního čísla. Z tohoto důvodu je důležité udržovat v tajnosti číslo SIM karty v ústředně i celý ovládací příkaz.

Nastavení citlivosti detekce otřesu a náklonu

Dle okolních podmínek si může uživatel určit, jakou citlivost detekce požaduje. Pokud je hlídáný předmět umístěn v uzavřeném klidném prostoru, je možné nastavit nejvyšší citlivost. V otevřeném prostoru je pak vyšší riziko falešných poplachů způsobených

například poryvy větru a proto by se měla volit citlivost nižší. Nastavení lze provést pouze formou SMS příkazu.

syntaxe:

<hodnota>:pohybciť

<hodnota> rozsah hodnot citlivosti je od 1(nejvyšší) do 9(nejnižší), citlivost 9 už nedetekuje otřesy, ale pouze extrémní náklon. Po resetu je zařízení automaticky nastaveno zpět na hodnotu 3.

Příklad:

1:pohybciť

Odpověď zařízení:

Prozvonění

Aktivace alarmu

1. Stiskem tlačítka pro aktivaci na klíčence

Dojde ke zpožděnému zapnutí střežení přibližně o 10 s. To je doba, za kterou musí uživatel stihnout vyklidit prostor hlídáný senzory. Jestliže je připojená siréna, jejím zahoukáním se potvrdí aktivace.

2. Prozvoněním ústředny

Tímto způsobem se režim střežení zapne okamžitě, potvrzení aktivace se vykoná zpětným prozvoněním daného uživatele, k zahoukání v tomto případě nedochází.

Deaktivace alarmu

1. Stiskem tlačítka pro deaktivaci na klíčence

Potvrzení zahoukáním sirény

2. SMS příkazem

Syntaxe:

Vyp.

Odpověď ústředny:

Prozvonění

Reaktivace alarmu

Pokud ústředna vyhlásí poplach, tak pro opětovné uvedení do režimu střežení je nutné alarm nejdříve deaktivovat některým z výše uvedených způsobů.

Zjištění polohy

Zařízení vždy po aktivaci střežení hledá polohu, pokud není nalezena do 2 minut, GPS přijímač přejde do režimu spánku. S tím souvisí doba odpovědi na požadavek zjištění polohy. Prozvoněním zařízení dostává impuls na odeslání souřadnic, jestliže byly předtím nalezeny a předmět nezměnil polohu, informační SMS uživatel obdrží téměř okamžitě. Pokud poloha známá nebyla nebo je zařízení mimo signál satelitů, budou souřadnice zaslány až po zafixování. Stačí prozvonit pouze jednou, ústředna si požadavek zapamatuje.

V případě, že byl EZS deaktivovaný, je nutné ho pro zjištění souřadnic nejdříve aktivovat. Aktivace a zjištění polohy lze provést stejným způsobem – prozvoněním. Rozdíl mezi nimi je v délce vyzvánění, při aktivování je volání ukončeno po delší době. Tato informace se hodí v případě, že nevíme, v jakém režimu se alarm nachází a tedy, jaký příkaz ústředna vykonala.

5.4 Možnosti použití

Zařízení je možné použít především ke střežení automobilu a objektu. Nejlepší a nejspolehlivější metodou je použití v garáži, kde například bezdrátové PIR a magnetické senzory hlídají prostor garáže a ostatní detekční prvky narušení automobilu. V případě, že dojde ke krádeži, vestavěný GPS přijímač lokalizuje polohu.

V případě, že vozidlo není v garáži, je možné umístit bezdrátový PIR přímo do automobilu, kde by hlídal narušení interiéru. Výhodou tohoto řešení je, že by nebylo potřeba drátových senzorů, které mají komplikovanější montáž. Při vysokých teplotách uvnitř vozu však může docházet ke ztrátě citlivosti PIR senzoru, neboť funguje na principu detekce změny teploty.

S napájením ze záložní 9V baterie se dá zařízení krátkodobě použít k hlídání i jiných cenných předmětů. Například jej vložíme do kapsy u bicyklu nebo motorky. Detekce neoprávněné manipulace je v tomto případě vyhodnocována na základě integrovaného snímače otřesu.

Všechny tyto možnosti se dají libovolně kombinovat a uživatel si takto může navrhnout zabezpečovací systém podle svých potřeb. Náklady na vytvořený EZS se dají snížit menším počtem detektorů, spolehlivost se zvýší naopak jejich vyšším počtem. Přenosnost zařízení se zlepší především výběrem bezdrátových prvků. Pro použitý přijímač 433,92MHz je od výrobce přímo doporučen bezdrátový snímač pohybu SIR2008HCS.

5.5 Technické parametry ústředny

Klidová spotřeba	20 mA
Spotřeba v režimu střežení	35 mA
Spotřeba při vyhledávání polohy	85 mA
Vstupní napětí	12 V
Záložní akumulátor	9 V
Počet připojitelných bezdrátových prvků	10
Pracovní frekvence	433,92 MHz
Výstup sirény	dle zdroje napětí (max. 3 A)
Rozměry	95x75x25 mm

Závěr

Úkolem bylo navrhnout a realizovat s pomocí moderních technologií elektronickou zabezpečovací ústřednu tak, aby bylo možné zařízení použít univerzálně. K realizaci funkčního prototypu bylo nutné získat teoretický přehled o detekčních čidlech a především o technologiích GSM a GPS, na kterých je celá ústředna založená.

Podmínka univerzálnosti byla splněna možností připojení drátových i bezdrátových detektorů a také minimálními odbornými požadavky na montáž ústředny. Díky tomu může být zařízení použito pro zabezpečení především automobilů, ale také domů či bytů. Ideální je použití v garážích, kde je zajištěna vysoká spolehlivost vůči falešným poplachům a hlavně možnost zkombinovat zabezpečovací prvky pro objekt i automobil. Režim střežení a klidu je ovládán klíčenkou s plovoucím kódem nebo mobilním telefonem prostřednictvím prozvánění a SMS zpráv. Pomocí SMS je možné ovládat celou ústřednu včetně jejího počátečního nastavení. Hlavním detekčním prvkem automobilu je akcelerometr, pro který se podařilo vytvořit spolehlivý vyhodnocovací algoritmus detekce náklonu a otřesu. Disponuje vysokou odolností vůči falešným poplachům. Citlivost si může uživatel sám nastavit SMS příkazem. Při odcizení vozidla je možná jeho lokalizace pomocí GPS. Pro detekci narušení objektu slouží především bezdrátové PIR senzory a magnetické spínače. Dále má zařízení k dispozici vstupy pro připojení kompatibilních drátových senzorů.

Tlakové snímače, které byly experimentálně testovány pro použití v ústředně, neposkytly dostatečnou citlivost k detekci otevření dveří, navíc pro jejich vysokou spotřebu a absenci úsporných módů není jejich použití efektivní.

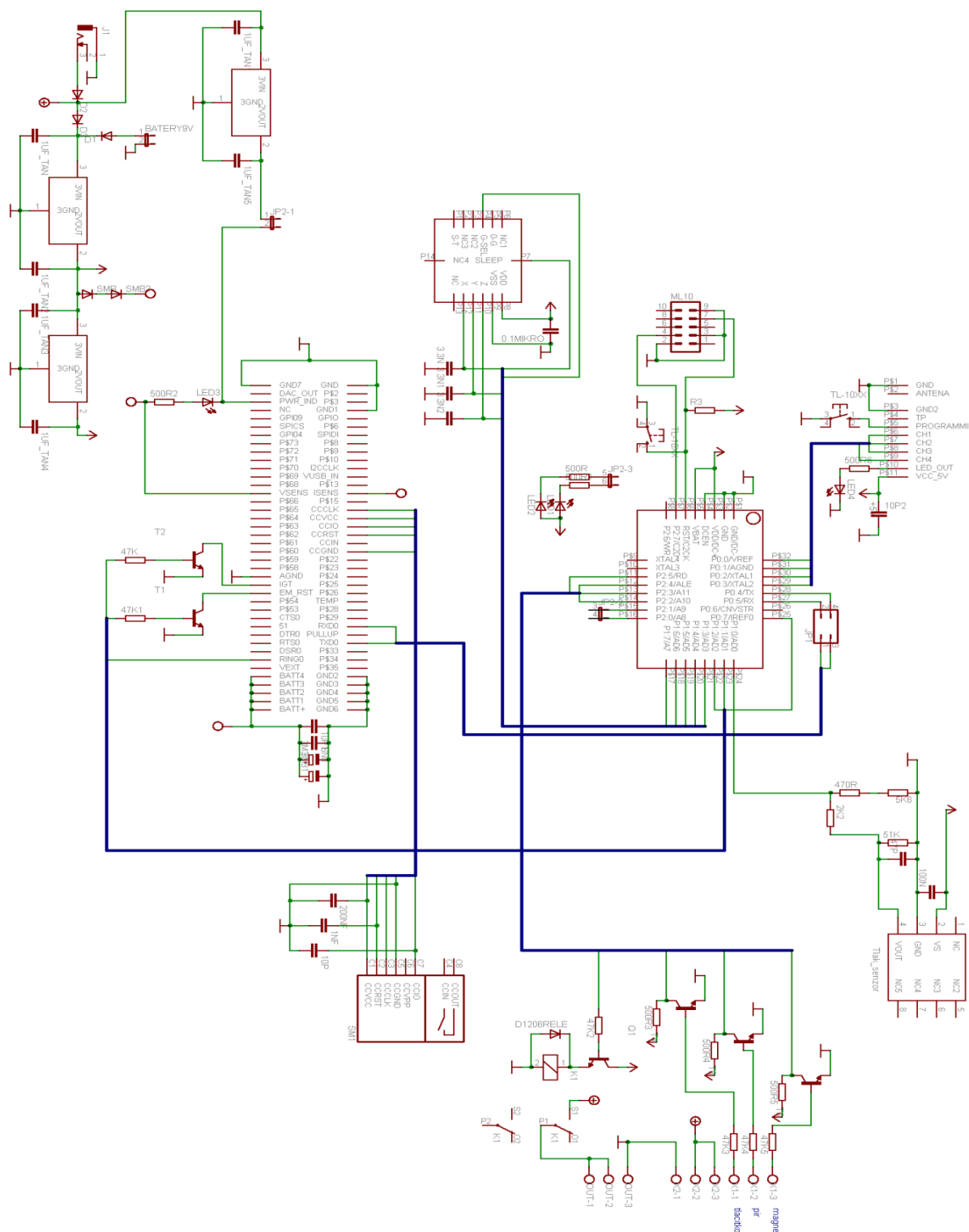
Použití v praxi je reálné, ústředna je cenově i funkčně konkurence schopná. Spotřeba v klidovém stavu se pohybuje kolem 20 mA, což odpovídá běžně prodávaným zařízením podobného typu. Kvalitu zabezpečení lze zvýšit napojením alarmu na pult centralizované ochrany. V rámci rozšíření práce se nabízí doplnit komunikační rozhraní CAN-Bus pro snadné připojení ústředny k automobilu, bylo by tak možné získávat informace o vozidle přímo ze zabudovaných senzorů.

Seznam použité literatury

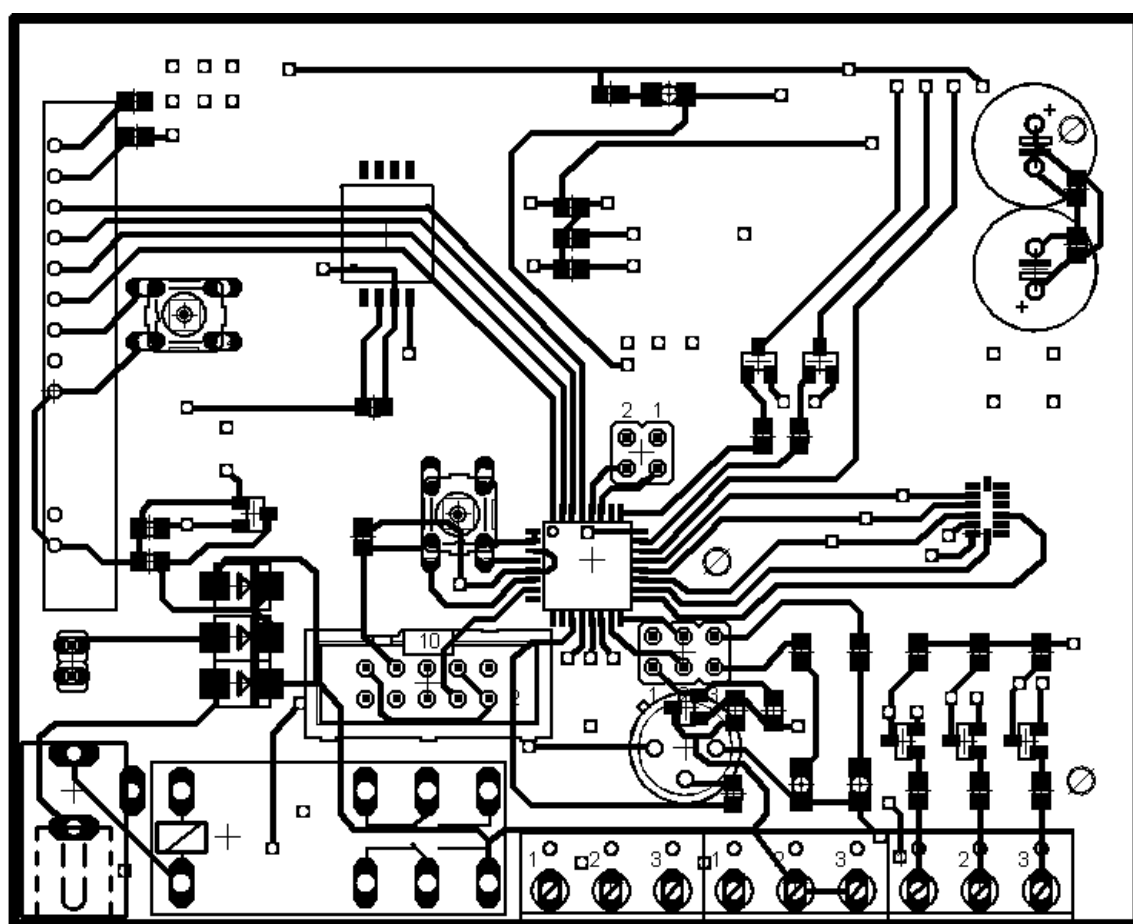
- [1] Aurel wireless. *User manual RX-4MHCS* [online]. 16/1/2007. Dostupné na World Wide Web: < http://www.aurelwireless.com/downloads/user-manual/650200997G_um.pdf >
- [2] Celý Petr. *Architektura GSM sítě* [online]. Publikováno 23/2/2003, server hw.cz. Dostupné na World Wide Web: <<http://hw.cz/Teorie-a-raxe/Dokumentace/ART65-Architektura-GSM-site.html>>
- [3] Freescale Semiconductor. *MMA7361L: $\pm 1.5g$, $\pm 6g$ Three Axis Low-g Micromachined Accelerometer* [online], Application Note. Rev 0, 04/2008. Dostupné na World Wide Web: <http://cache.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MMA7361LC.pdf?fp=1>
- [4] Freescale Semiconductor. *MPXA6115A: High Temperature Accuracy Integrated Silicon Pressure Sensor for Measuring Absolute Pressure, On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated* [online], Application Note. Rev6, 06/2010. Dostupné na World Wide Web: <http://cache.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPXA6115A.pdf>
- [5] Garmin. *GPS Beginner's Guide* [online]. Part number 190-00224-00, Rev.B. Dostupné na World Wide Web: < http://www8.garmin.com/manuals/GPSGuideforBeginners_Manual.pdf >
- [6] Mann B.: *C pro mikrokontroléry*, BEN 2003, ISBN 80-7300-077-6
- [7] Nosek Martin. *Využití akcelerometru ADXL330 pro zabezpečení automobilu*: semestrální projekt. Liberec: TUL - Technická univerzita v Liberci, Fakulta mechatroniky, 2010
- [8] Nosek Martin. *Zabezpečovací systém pro automobil s využitím GPS a GSM*: bakalářská práce. Liberec: TUL - Technická univerzita v Liberci, Fakulta mechatroniky, 2009
- [9] Robert Daněček. *GSM telefonní SIM karty* [online], 26/1/2000, server hw.cz. Dostupné na World Wide Web: <<http://hw.cz/Teorie-a-praxe/Dokumentace/ART639-GSM-telefonni-SIM-karty.html>>
- [10] Richter Tomáš. *Technologie pro mobilní komunikaci* [online]. 19. 1. 2002. Dostupné na World Wide Web: < <http://tomas.richtr.cz/mobil/bunk-gsm.htm> >

- [11] Siemens, *XT65/XT75 Hardware Interface Description* [online], vydáno 8/1/2007, verze 01.001. Dostupné na World Wide Web: <http://cinterion-m2m.ru/document_51.html?29C6CDE01A926BE80EFB85A5DF65194A>
- [12] Siemens. *XT65 AT Commands Set* [online]. Vydáno 9. 1. 2007, verze 01.001. Dostupné na World Wide Web: <http://cinterion-m2m.ru/document_52.html?ADB79B0A5589B97B029D7C1C49B75ED1>
- [13] Siemens. *Power supply design for GSM applications* [online], Application Note 26. 27/9/2006, verze v03. Dostupné na World Wide Web: <http://www.cpg.com.tr/File/AC75/28112007034111_wm_an_26_pwr_supply_v03.pdf>
- [14] Silicon Laboratories. *Integrating SDCC 8051 tools into Silicon Labs IDE* [online], Application Note 198. Rev. 0.2 5/05. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.silabs.com/Support%20Documents/TechnicalDocs/an198.pdf>>
- [15] Skalický P.: *Mikroprocesory řady 8051*, BEN 2002, ISBN 80-86056-39-2
- [16] Šalátová Jitka. *Možné způsoby zabezpečení významných objektů* [online], 2007. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.fbi.vsb.cz/023/cz/kmvp2007/salatova.ppt>>

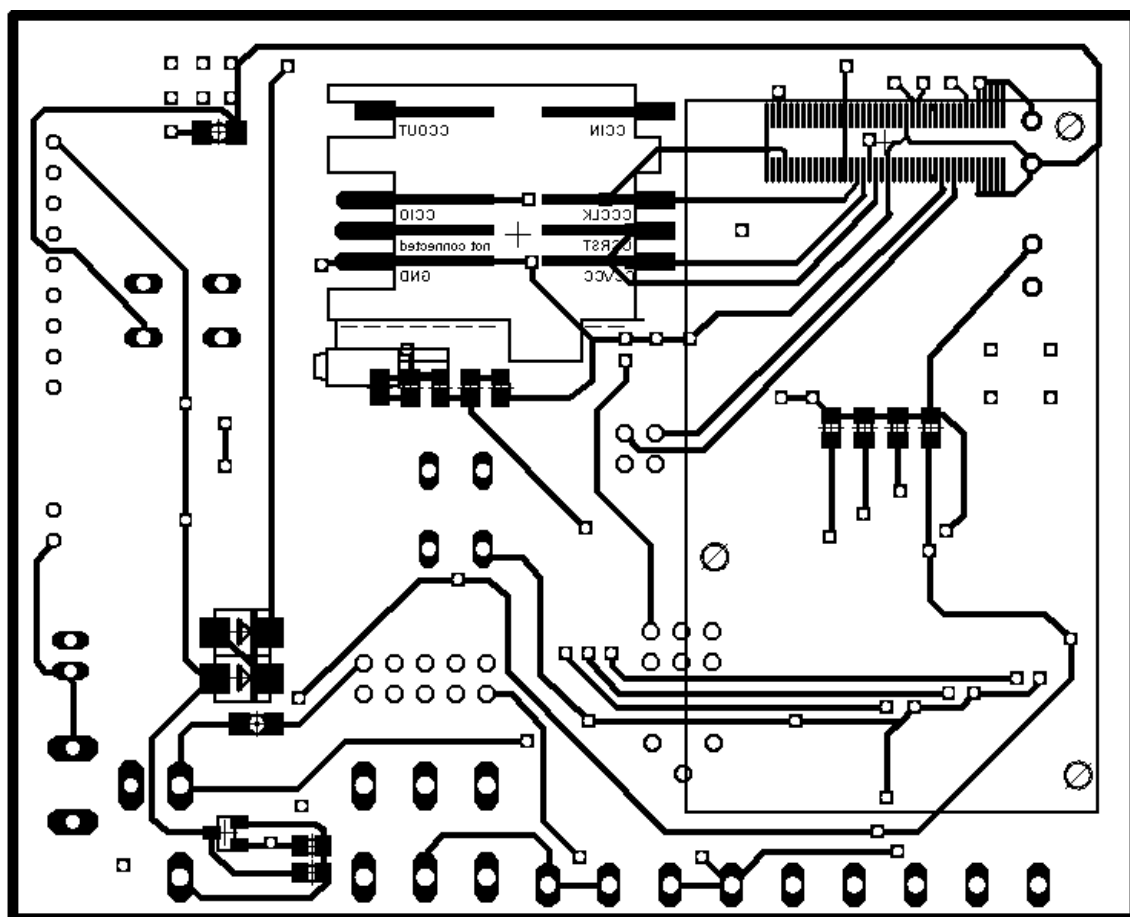
Příloha A – Schéma zapojení a návrh desky



Obr. A. 1 Schéma zapojení



Obr. A. 2 Schéma desky ze strany TOP



Obr. A.1 Schéma desky ze strany BOTTOM